*Anton Policec * Ion-Dragoș Stinghe*

DELTAPLANUL
Construcție și zbor

seria TEHNICA LA ZI

EDITURA TEHNICĂ

Seria „TEHNICA LA ZI"

Apariții 1988

Borha V.M.	ALCOOLUL ETILIC CARBURANT
Brad Segal	RÎURILE DE LA INUNDAȚII LA SECETĂ
Diaconu C.	SISTEME INDUSTRIALE
Filipescu L.	DE CRISTALIZARE
Gheorghiu C.	MOTOARE DE AVION
Ionescu Băeru C.	PĂRUL, UN NEPREȚUIT DAR AL NATURII
Marikovski P.I.	ANIMALELE ȘI CUTREMURELE DE PĂMÎNT
Nica Al.	CERAMICA TEHNICĂ
Palfalvi At.	METALURGIA PULBERILOR
Popescu O.V.	ELECTROFOREZA
Rusu M.	PODURILE DE-A LUNGUL TIMPULUI
Ispas Șt.	HIDROGENUL — COMBUSTIBILUL VIITORULUI
Stratulat M.	
Trușculescu M. ș.a.	METALE AMORFE
Tătulescu N.G.	VERIFICAREA CALITĂȚII PRIN EȘANTIONARE SECVENȚIALĂ

Apariții 1989

Costăchescu Tr.	TEHNICI MODERNE DE ZBOR ȘI ECONOMIA DE CARBURANȚI
Moraru S.	COMPORTAREA CONSTRUCȚIILOR LA SEISME
Niculescu Mizil G.	SISTEME FLEXIBILE DE PRELUCRARE
Papae R.M.	CONSTRUCȚIILE — TEHNICĂ ȘI ARTĂ (II)
Tumanov S.	CALITATEA AERULUI
Buracu M.	TEHNICI MODERNE ÎN CONTROLUL STATISTIC AL CALITĂȚII
Vodă V.G.	
Cecal Al.	IMPLICAȚIILE FISIUNII NUCLEARE
Știucă P.	ULTRASUNETELE — PRODUCERE ȘI TRANSMITERE
Vintilă M.	UTILIZAREA BIOGAZULUI
Grasu C.	CE ȘTIM DESPRE LUNĂ
Iordănescu P.	ALUMINIUL — METALUL ÎNARIPAT
Roman P.	HIDROTRANSPORTUL
Dan Ignat	TRANSPORTURILE IERI ȘI AZI
Ispas Șt.	COMBUSTIBILII SISTEMELOR DE TRANSPORT SPAȚIALE

Dr. ing. Anton Policec
Col. (r) Ioan Dragoș Stinghe

DELTAPLANUL CONSTRUCȚIE ȘI ZBOR

ANDRIEȘ C. LUCIAN
Nr 1051
Biblioteca Personală

EDITURA TEHNICĂ
București — 1990

Redactor : Ing. NICOLAE VOICU
Tehnoredactor : U.E. UNGUREANU
Coperta : SIMONA DUMITRESCU

Bun de tipar : 18.06.1990.
Coli de tipar : 8,25

ISBN 973-31-0257-1

Tiparul executat sub comanda nr. 13 la I. P. „Filaret", str. Fabrica de chibrituri nr. 9—11, Bucureşti
România

CUPRINS

1. INTRODUCERE 7

2. PRINCIPIILE ZBORULUI ŞI PILOTĂRII DELTAPLANELOR 10

2.1. Introducere 10
2.2. Presiunea atmosferică 15
2.3. Temperatura aerului 17
2.4. Densitatea aerului 17
2.5. Forţa de rezistenţă aerodinamică 18
2.6. Zborul deltaplanului. Fineţea de zbor 20
2.7. Aerodinamica deltaplanului 22
2.8. Viteza de parcurs şi viteza de înfundare 27
2.9. Răspunsul deltaplanului la comenzi 29

3. CONSTRUCŢIA DELTAPLANELOR 33

3.1. Introducere 33
3.2. Caracteristicile constructive ale unui deltaplan . . 39
3.3. Solicitări şi deformaţii 40
3.4. Descrierea cadrului de rezistenţă 42
3.5. Cordajul 53
3.6. Şuruburile 55
3.7. Voalura 55
3.8. Echipamentul individual de zbor 60
3.9. Controlul 63

4. ZBORUL PLANAT 66

4.1. Introducere 66
4.2. Terenul de zbor la pantă 66
4.3. Clasificarea zborurilor 68
4.4. Tehnica pilotării în zborul planat 68
4.5. Decolarea 70
4.6. Aterizarea 73
4.7. Zborul în linie dreaptă 77
4.8. Angajarea 81
4.9. Resursă şi boltă 82
4.10. Virajul 83
4.11. Evoluţii cu viraje 88

5. ZBORUL PLUTIT 92

5.1. Noțiuni de meteorologie 92
5.2. Direcția și intensitatea vîntului 94
5.3. Gradientul vitezei vîntului 96
5.4. Zborul pe vînt. Deriva 97
5.5. Briza de vale 99
5.6. Efectele obstacolelor 100
5.7. Zborul plutit la pantă 104
5.8. Protecția zborului 107
5.9. Aterizarea în contrapantă 109
5.10. Formarea curenților de convecție termică la șes 110
5.11. Zborul plutit în termică 113
5.12. Protecția zborului termic 119

6. REGLEMENTĂRI 123

6.1. Introducere 123
6.2. Construirea deltaplanului 125
6.3. Instruirea sportivilor 126
6.4. Terenul de zbor 127
6.5. Conducerea activității de zbor 128
6.6. Condiții meteorologice 128
6.7. Echipamentul individual 129
6.8. Îndatoriri și responsabilități 129
6.9. Concluzii 130

ANDRIEȘ C. LUCIAN
Nr 1051
Biblioteca Personală

1 INTRODUCERE

Din cele mai vechi timpuri, dorința de a zbura înflăcăra imaginația oamenilor, dînd naștere unor minunate legende cu năzdrăvani înaripați, ce s-au avîntat în aer cu aripi întinse, ca în povestea lui Dedal și a fiului său, Icar.

Geniul poporului român a dat și el ființă unor legende tot atît de fermecătoare ce s-au păstrat pînă în zilele noastre, ca cea a haiducului Pintea Viteazul sau a meșterului Manole, constructorul bijuteriei arhitecturale de la Curtea de Argeș.

Sfîrșitul, uneori tragic, al acestor povestiri nu scade cu nimic valoarea de anticipație a spiritului uman care, acum sute sau, poate, chiar mii de ani, a întrezărit clipa cînd va reuși să construiască unealta cu care omul să se desprindă de pe pămînt pentru a pătrunde în mediul păsărilor și să străbată ca și acestea, spații mari în timp incomparabil mai scurt decît mergînd pe sol.

În prezent, zborul este o soluție optimă pentru deplasări rapide la mare distanță, dar și de agrement și sport.

Noțiunea de „civilizație modernă" include și necesitatea străbaterii unor distanțe foarte mari în timpul cel mai scurt, fie că este vorba de rezolvarea unor probleme importante sau de o călătorie în vacanță, de transportul unor mărfuri perisabile, a corespondenței rapide, fie că trebuie intervenit pentru salvarea unor vieți, stingerea incendiilor și altele. Toate acestea se pot rezolva, adesea, cel mai bine pe calea aerului.

Aeronavele au intrat deci în firescul cotidian, ca automobilul, trenul ori vapoarele. Zgomotul lor din înălțimi trece de cele mai multe ori neobservat. Călătorii uită să mai guste evenimentul extraordinar al zborului, feeria peisajelor, senzația înălțimilor citind cîte o revistă, dor-

mind sau privind ecranul unui televizor instalat în salonul aeronavei.

Desigur că există, mai ales în rîndul celor tineri, și dintre aceia care — dincolo de necesitățile impuse de un mod de trai într-o continuă accelerație — simt nevoia unei trăiri depline a farmecului fără egal ce izvorăște din senzația plutirii și renunță la comoditatea tehnicii complicate din avioanele de pasageri pentru a relua îndeletnicirea lui Dedal și a meșterului Manole. Construindu-și aripi suple, aceștia se atîrnă de ele în bătaia vîntului de munte spre a străbate aerul ca niște adevărate păsări ce-și guvernează zborul cu mișcările trupului, în extraordinara plutire liberă prin atmosferă.

Niciodată nu se va putea egala intensitatea acestui sentiment folosind avioane, fie ele chiar ușoare sau ultraușoare, elicoptere ba nici chiar planoare pentru că, la toate acestea, atingerea vitezei de zbor nu se face prin forță proprie, alergînd pe culmi de deal sau munte spre hăuri de văi, ci prin mijloace mecanice. Zborul cu aripa suplă — deltaplanul — este în întregime o realizare a forței umane — de la concepție la înfăptuire, fără intermediul unor mijloace suplimentare sau complimentare.

Deltaplanismul nu este însă numai un mijloc de a obține plăcerea plutirii în atmosferă, el este o tehnică legată de cunoașterea unei sume de discipline ce au în vedere atît cunoașterea mediului atmosferic în care urmează să se afle zburătorul, cît și construcția și pilotarea aparatului. Fără această cunoaștere, plăcerea se transformă în pericol și, din păcate, finalul legendelor de care am pomenit se poate repeta. Iată de ce am considerat că este necesar ca acum, cînd sportul „deltaplanism" se dezvoltă cu mare repeziciune și care a devenit de curînd „olimpic" pentru extraordinara sa frumusețe și extindere (el este accesibil pentru toate vîrstele omului sănătos, de la adolescență la senectute) să dăm în această scurtă lucrare și principiile de bază ale păstrării securității depline a zborului cu aripi suple. Vrem să contribuim astfel, în primul rînd, la crearea și păstrarea conceptului oricărui amator de a se avînta cu propriile forțe în văzduh, că numai înțelegînd legile ce guvernează mediul și mijlocul de zbor poate avea certitudinea întoarcerii sigure pe pămînt.

Securitatea zborului este garantată de o pregătire prealabilă multilaterală și o conduită disciplinată. Setea de bravură și lipsa de pregătire sînt cei mai mari dușmani ai aviatorului sportiv.

Calificarea piloților printr-o pregătire temeinică, teoretică și practică, dezvoltă o serie de virtuți de mare valoare : încredere și stăpînire de sine, angajare deplină în acțiune, responsabilitate, luciditate, spirit de echipă, o putere de decizie pînă la renunțarea la bucuria zborului dacă nu există convingerea că sînt îndeplinite toate condițiile regulamentare de securitate, de la decolare pînă la aterizare.

Autorii speră că prin lecturarea acestei cărți cititorul va înțelege soluțiile constructive, principiile organizării și desfășurării zborului și pilotării deltaplanelor, și, în cazul că se decide să practice acest minunat sport, să poată dobîndi acele cunoștințe fundamentale care să-i faciliteze pregătirea de bază, teoretică și practică, în deltaplanism.

2 PRINCIPIILE ZBORULUI ŞI PILOTĂRII DELTAPLANELOR

2.1. Introducere

Ridicarea şi deplasarea unui obiect în spaţiul aerian se numeşte zbor. Zburătoarele au aripi cu care se sprijină de aerul ce le înconjoară. Acest lucru este posibil, deoarece natura le-a înzestrat cu un corp uşor şi puternic şi cu un simţ deosebit pentru a putea evolua corect în zbor. Oamenii însă nu reuşesc să imite păsările, chiar dacă îşi ataşează aripi ; forţa braţelor nu este suficientă pentru aceasta şi nici simţurile necesare plutirii nu se dobîndesc din naştere. Cu toate acestea, inteligenţa şi inventivitatea umană au permis construirea unor mijloace mai mult sau mai puţin sofisticate, numite aeronave, care se pot ridica de pe sol şi zbura în condiţii de siguranţă, cu echipaj uman. Pilotarea acestora presupune multe cunoştinţe despre atmosferă şi despre legile fizice care explică zborul. De asemenea, pentru a zbura, oamenii trebuie să înveţe treptat tehnica pilotării, ca să se obişnuiască cu mişcarea prin aer şi ca să poată evita posibile greşeli în conducerea aeronavelor.

Din punct de vedere fizic, pentru realizarea unui zbor, trebuie să se producă o forţă capabilă să susţină greutatea, de ridicat în aer, numită forţă de sustentaţie.

Principiul plutirii corpurilor în apă, exprimat cu aşanumita lege a lui Archimede, se aplică şi în cazul aerului. Pe această bază s-au construit aerostatele, adică baloanele şi dirijabilele. Ele se înalţă numai dacă volumul de aer dezlocuit are o greutate cel puţin egală cu greutatea aerostatului. Densitatea aerului fiind redusă, (în condiţii normale circa 1,3 kg/m^3) baloanele trebuie să aibe un volum de mii de metri cubi pentru a ridica un om.

Soluţia tehnică cea mai răspîndită pentru realizarea sustentaţiei în zbor este dată de forţele aerodinamice ale

curenţilor de aer ce acţionează asupra unor suprafeţe portante, numite aripi. În mod necesar, trebuie ca aripa să alunece prin aer cu o *viteză suficient de mare* pentru ca forţele aerodinamice să învingă greutatea de ridicat. În această categorie se înscriu diversele tipuri de avioane, cu sau fără motor, cît şi aparatele de zbor cu aripi rotitoare, cum sînt elicopterele. Aeronavele ce se menţin în aer prin forţe aerodinamice ce apar datorită vitezei de deplasare, se numesc aerodine.

În tabelul 2.1 se prezintă o clasificare a aeronavelor după principiul realizării sustentaţiei în zbor. În acest tabel s-ar mai putea înscrie rachetele balistice a căror propulsie se face reactiv. Pentru întoarcerea la sol, rachetele se transformă în aerodine cu aripi sau cu suprafeţe de frînare.

Trebuie scos în evidenţă faptul că, în principiu, diversele tipuri de aerodine propulsate pot zbura şi fără motor (inclusiv elicopterul) atîta timp cît, coborînd într-una, dispun de o viteză suficientă de înaintare faţă de aerul înconjurător. Zborul fără motor întreţinut prin coborîre pe o pantă se numeşte zbor planat. Este totodată adevărat că avioanele moderne mari şi rapide, nu mai corespund întru totul pentru zborul planat, fără motor.

Tabelul 2.1. **Clasificarea aeronavelor**

1. AEROSTAT (mai uşor decît aerul dezlocuit) :
   — nepropulsat de un motor : BALON — CAPTIV
   — LIBER
   — propulsat : DIRIJABIL
2. AERODINĂ (mai grea decît aerul dezlocuit) :
   — nepropulsată de motor : ZMEU (zboară numai tractat)
   GLOSOR — DELTAPLAN (masa < 40 kg)
   — ULTRAUŞOR (masa < 150 kg)
   PLANOR (finete mare) — CUPOLĂ
   PARAŞUTĂ SPORTIVĂ — ARIPĂ
   — propulsată de motor : MOTODELTAPLAN
   ULTRAUŞOR MOTORIZAT (masa < 150 kg)
   MOTOPLANOR
   AVION
   ELICOPTER
   AUTOGIR

O atenție deosebită acordată parașutelor. Pînă nu demult, se cunoștea numai parașuta de formă emisferică. Aceasta nu are alt rost decît să frîneze căderea corpului și să o mențină la o viteză acceptabilă pentru atingerea solului. În ultimul timp s-a inventat un nou tip, așa-numita *parașută-aripă*, de formă alungită, care intră în zbor și se deplasează mai mult înainte decît în jos, cu o viteză de circa 30 km/h. Parașuta-aripă sau *paraplanul* se poate pilota trăgînd de colțurile sale posterioare prin intermediul unor corzi. Cu o asemenea parașută, sportivul se poate lansa și alergînd pe povîrnișul unui deal sau munte, cu condiția ca vîntul să bată din față.

În fig. 2.1 se dă o vedere a unui paraplan. Voalura paraplanului, desfășurată la sol, este ridicată de sportiv cu ajutorul vîntului, în timp ce aleargă pe pantă în jos. Datorită vitezei de înaintare în raport cu aerul, paraplanul îl saltă pe pilot în aer și zboară cu pierdere continuă de altitudine. De la 100 m înălțime se poate astfel realiza un parcurs de circa 500 m în linie dreaptă.

O altă construcție extrem de simplă, cu care se poate desfășura activitate sportivă aeronautică este deltaplanul.

Aripă zburătoare cu suprafața portantă dintr-un material textil întins pe trei tuburi convergente, de formă triunghiulară (semănînd cu litera „delta" din alfabetul grecesc), deltaplanul a fost conceput inițial ca o posibilă soluție pentru frînarea și readucerea pe pămînt a navelor spațiale.

Pilotul, îmbrăcat cu un echipament ca de parașutist, se atașează de aripă prin intermediul unor chingi. În timpul zborului, pilotul se află atîrnat de aparatul de zbor, sub aripă, aproximativ în dreptul punctului de aplicație al forței aerodinamice rezultante. În acest caz, greutatea lui este susținută de forța aerodinamică și deltaplanul zboară echilibrat, cu pierdere treptată de înălțime. Alunecarea pe panta coborîtoare a traiectoriei, sugerează pentru acest tip de avion fără motor denumirea de *glisor*.

Poziția pilotului atîrnînd de aripă este dată de tipul echipamentului. Se poate zbura șezînd, șezînd pe spate („supine") sau culcat cu fața în jos și cu capul înainte.

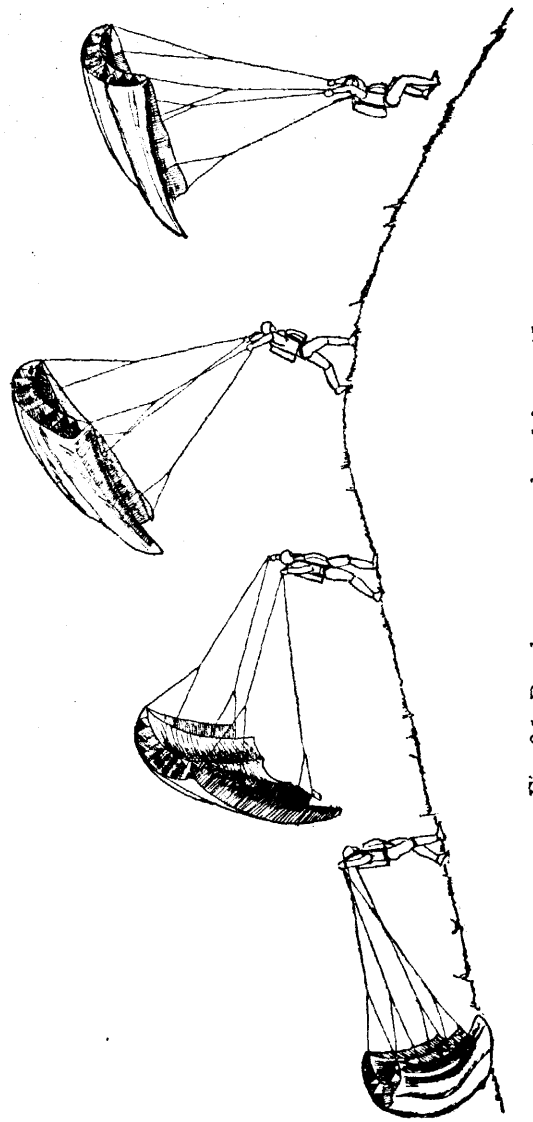


Fig. 2.1. Decolarea cu paraplanul la pantă.

Pilotarea deltaplanului constă în realizarea unui moment de răsturnare ce acționează asupra aripii în zbor, obținut prin deplasarea greutății atîrnate a pilotului, lateral și înainte sau înapoi, după caz. Pentru aceasta, pilotul — ținîndu-se cu mîinile de așanumita bară de control, solidară cu structura deltaplanului — folosește forța musculară a brațelor sale.

Zburînd cu un deltaplan bine construit într-o atmosferă calmă, în poziție atîrnată, fără să acționeze asupra barei de control, pilotul coboară în zbor rectiliniu și cu viteză constantă, de circa 35 ... 40 km/h. Dacă pilotul se trage mai în față, greutatea sa nu se mai află sub centrul portanței și apare un cuplu de răsturnare ce rotește deltaplanul înainte, pe bot. Ca efect, crește viteza de zbor la o nouă valoare, mărită în raport cu amploarea deplasării. Folosind comanda la elongația maximă, deltaplanul intră în picaj, cu o viteză ce poate atinge chiar 80 ... 90 km/h. Invers, dacă pilotul se deplasează spre coadă, împingînd bara înainte, momentul de răsturnare tinde să ridice botul și viteza de zbor se micșorează. Manevra poate genera însă o situație critică dacă pilotul menține comanda, deoarece micșorarea vitezei sub valoarea limită anulează sustentația aerodinamică : deltaplanul se angajează.

Deplasarea corpului prin acționarea laterală a barei de control are ca efect înclinarea deltaplanului pe o aripă și, în consecință, traiectoria de zbor se curbează ; se produce un viraj. În felul acesta, deltaplanul poate fi manevrat într-un domeniu larg de zbor aerodinamic, în linie dreaptă, viraje și spirale cu viteze variate, perfect controlate de către pilot.

O altă particularitate a zborului cu deltaplanul este modul de decolare și aterizare. Avînd masa cuprinsă între 20 și 35 kg, deltaplanul poate fi decolat din deal și aterizat în picioare, numai cu forța musculară a pilotului.

Decolarea la pantă se face cu deltaplanul purtat pe umeri, prin alergare pe linia de maximă denivelare, pînă la atingerea vitezei minime de zbor. Desigur, un vînt din față ușurează desprinderea, nefiind necesară o alergare prea rapidă.

Lansarea în zbor a deltaplanului se poate face și pe teren plat, prin remorcare de pe sol (apă) cu mijloace fixe (mosoare) sau mijloace mobile (autovehicule sau bărci cu motor). De asemenea, ridicarea deltaplanului se poate realiza prin tractare cu un deltaplan motorizat, în remorcaj. După declanșarea cablului de remorcaj la înălțimea dorită de pilot, zborul continuă planat, cu pierderea treptată a înălțimii inițiale. Dacă, în această evoluție planată, un pilot experimentat întîlnește în cale curenți de aer ascendenți, zborul poate fi transformat în plutire, cu cîștig de înălțime.

Zborul plutit, dependent de natura și caracteristicile curenților ascendenți, stă la baza deltaplanismului sportiv de performanță și are drept obiective cîștigul de înălțime și zborul de distanță.

Să nu ne lăsăm însă amăgiți de simplitatea aparentă, plină de grație a zborului cu deltaplanul și cu paraplanul. Zborul stăpînit de sportiv se învață în școala severă a pilotajului, în ore lungi de studiu, muncind pe teren și exersînd metodic pentru a pătrunde tainele aripii și a descifra capcanele nevăzute ale vîntului.

Pentru a înțelege mai bine zborul deltaplanului, ca rezultat al acțiunii aerului asupra aripii în mișcare, este necesar înainte de toate să fie prezentate unele proprietăți ale mediului atmosferic.

2.2. Presiunea atmosferică

Atmosfera înconjoară globul terestru datorită forței de atracție gravitațională. Greutatea cu care stratul atmosferic apasă pe o suprafață de 1 m^2 reprezintă presiunea aerului. Cu cît ne ridicăm mai sus, stratul de deasupra se subțiază și presiune se micșorează. De aceea, s-a convenit ca presiunea de referință a aerului să fie stabilită la nivelul mării. Pentru măsurarea presiunii atmosferice s-a folosit la început barometrul cu mercur. Înălțimea coloanei de mercur, la nivelul mării ($H = 0$), este, în medie, de 760 mm. Dacă se calculează greutatea acestei co-

loane și se raportează la suprafața secțiunii sale, se obține implicit presiunea aerului.

Greutatea corpurilor se exprimă în unități de forță. Forța se măsoară (conform Sistemului Internațional de Unități de Măsură) cu unitatea denumită Newton (N). Se știe că 1 N = 1/9,81 kgf, adică greutatea unui corp cu masa de 1 kg este 9,81 N. Fără a greși prea mult (2%) se poate scrie că 1 kgf ≈ 10 N = 1 daN (se citește : decaniuton).

Pentru exprimarea presiunilor în lichide și gaze s-a stabilit ca unitate de măsură un newton/m^2, cu denumirea Pascal (Pa). Cu aceste precizări se poate calcula *presiunea atmosferică normală* (la nivelul mării, corespunzătoare indicației barometrice de 760 mm, și se obține p_0 =101 325 Pa (≈ 101 400 Pa). În meteorologie se utilizează pentru indicarea presiunii atmosferice și unitatea *bar* sau submultiplul *milibar* (mbar). Un bar reprezintă 100 000 Pa și atunci $p_0 = 1{,}014$ bar respectiv $p_0 = 1014$ mbar.

Legea de variație a presiunii atmosferice cu înălțimea este scăzătoare. Atît calculele cît și experiența arată că, de exemplu la șes, o înălțare de circa 8 m atrage după sine o scădere a presiunii cu 1 mbar ; aceasta reprezintă *treapta barică* la nivelul mării, în condiții atmosferice normale. Repetînd determinarea la altitudinea de 5 000 metri, treapta barică rezultă de circa 16 m/mbar, de unde se deduce că scăderea de presiune cu înălțimea este din ce în ce mai redusă. S-a stabilit o formulă care arată că presiunea atmosferică se schimbă cu înălțimea și cu temperatura aerului ; ea se numește „formulă hipsometrică" și servește pentru reducerea presiunii măsurate într-un anumit loc, la nivelul mării, sau pentru etalonarea altimetrelor funcționînd cu capsulă barometrică. Cu un asemenea altimetru se constată că presiunea atmosferică la înălțimea de circa 5 500 m este jumătate din valoarea măsurată la nivelul mării ($p_0/2$). Urcînd la 11 000 m înălțime, altimetrul arată că presiunea se înjumătățește încă odată, devenind $p_0/4$.

Faptul că presiunea atmosferică se modifică la cea mai mică deplasare pe verticală a permis construirea unui

instrument de măsură sensibil la înălțarea sau coborîrea aeronavelor în zbor, numit *variometru*. Variometrul măsoară viteza de urcare respectiv de coborîre pe verticală a aeronavei, în m/s. Altimetrul și variometrul sînt instrumente deosebit de importante pentru pilotarea aeronavelor.

2.3. Temperatura aerului

Sursa care încălzește pămîntul este Soarele.

Radiația solară se transformă la suprafața pămîntului, în cea mai mare parte în căldură, ridicînd temperatura superficială a corpurilor. Fenomenul se numește *insolație*. Aerul în contact cu aceste suprafețe se încălzește și se ridică spre straturile mai înalte ale atmosferei, dilatîndu-se datorită scăderii presiunii cu înălțimea. Dilatarea ce însoțește înălțarea, produce o răcire (adiabatică). Astfel se explică de ce, în aerul uscat al zilelor însorite, temperatura aerului scade cu înălțimea, aproximativ cu 6,5°C pe fiecare mie de metri. Dacă, de exemplu, temperatura la sol este +15°C, la 2 000 m altitudine vor fi numai +2°C. Răcirea tot mai accentuată a aerului ce urcă, face ca la o anumită înălțime, numită plafon, să apară condensarea vaporilor de apă ridicați odată cu aerul. Condensarea cedează căldură latentă, încît în această zonă, temperatura nu mai scade cu rata de 6,5°C/km, ba mai mult, se poate chiar încălzi (inversiune). Condensarea vaporilor de apă provoacă formarea unor nori albicioși, izolați, de vreme bună (cumulizare).

Mișcarea aerului încălzit, de jos în sus, se numește curent de convecție sau curent ascendent termic și este de mare folos în zborul de performanță fără motor. Spiralînd în „termică", planorul cîștigă înălțime împreună cu aerul ce se ridică. Evoluția se numește *zbor plutit* în termică sau *zbor termic*.

2.4. Densitatea aerului

Pentru explicarea efectelor aerului asupra suprafețelor în mișcare este necesar să se cunoască densitatea aerului. Prin definiție, densitatea exprimă masa unității de

volum. De exemplu, densitatea apei este 1 000 kg pe metrul cub (kg/m^3).

În cazul gazelor și, în particular, pentru aer, determinarea densității este mai complicată, deoarece gazele ocupă întotdeauna întregul volum disponibil. De aceea, în locul volumului, trebuie utilizate, în formula densității, presiunea și temperatura gazului. Formula pentru calculul densității aerului este : $\varrho = 3{,}46 \cdot 10^{-3} p/(273+t)$ kg/m^3. În această formulă, p este presiunea aerului, în Pa, iar t este temperatura, în °C (grade Celsius). Astfel, de exemplu, densitatea aerului la nivelul mării și la temperatura de 0°C rezultă $\varrho_0 = 1{,}285$ kg/m^3. Se constată că, în aceste condiții, aerul este de aproape 800 ori mai puțin dens decît apa (ϱ — se pronunță „ro").

Formula de mai sus arată că densitatea aerului scade direct proporțional cu scăderea presiunii (adică, scade pe măsura înălțării). De asemenea, densitatea scade dacă temperatura aerului crește.

Mențiune. Micșorarea densității și scăderea temperaturii aerului cu înălțarea provoacă în organismul uman modificări fiziologice care pun în pericol pilotul deltaplanist. Din acest motiv, reglementările aeronautice privind zborul cu deltaplanul stabilesc, ca limită absolută de securitate, altitudinea maximă de 3 500 m (față de nivelul mării).

2.5. Forța de rezistență aerodinamică

Deplasarea corpurilor în aer necesită efectuarea unui lucru mecanic pentru învingerea frecărilor. Forța de rezistență ce trebuie învinsă, este cu atît mai mare cu cît densitatea aerului, dimensiunile corpului și viteza sa de înaintare sînt mai mari. De asemenea, intervine forma corpului în mișcare. Ca exemplu, se ia coborîrea cu parașuta de formă semisferică. În fig. 2.2 s-a reprezentat parașuta deschisă, purtînd greutatea G într-o coborîre cu viteza v_r, constantă. În această situație, forța de frînare aerodinamică F_R este egală cu greutatea și se orientează

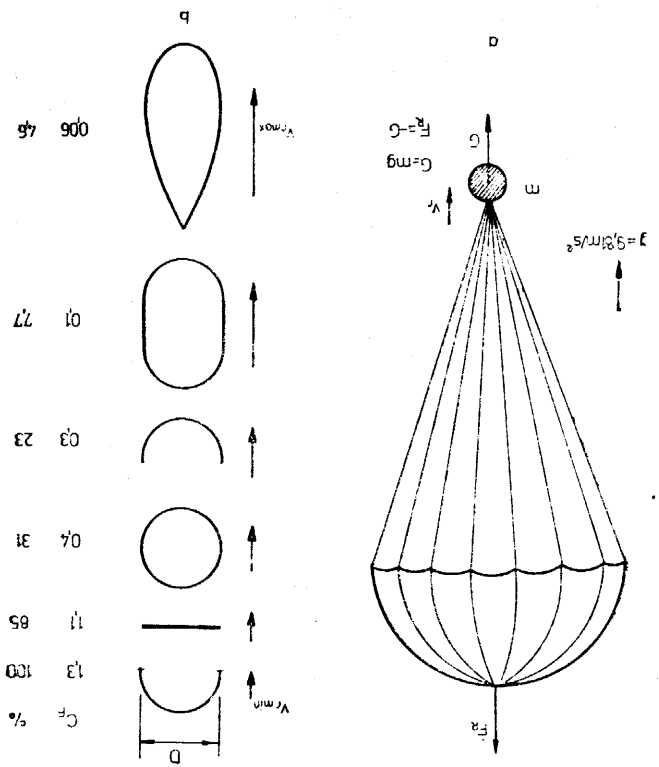


Fig. 2.2. Forța de frînare aerodinamică. Parașuta.

în sus. Fără a încerca o demonstrație, se dă expresia forței de rezistență aerodinamică :

$$F_R = S_T \cdot C_F \cdot \varrho \cdot v_r^2/2 \ [\mathrm{N}]$$

în care : S_T este secțiunea transversală a suprafeței de frînare (în m^2) ; C_F — coeficientul de formă al suprafeței de frînare ; ϱ — densitatea aerului (în kg/m^3) ; v_r — viteza de coborîre față de aerul înconjurător (viteza relativă, în m/s).

Secțiunea transversală maximă, S_T, se calculează, cunoscînd diametrul D al cupolei umflate de aerul în care parașuta coboară, cu formula $S_T = D^2\pi/4$.

Valoarea numerică a coeficientului C_F este indicată în fig. 2.2 pentru diverse profiluri. Se remarcă cea mai ridicată valoare chiar pentru cupola semisferică ($C_F = 1{,}3$) și numai 4,6% din această valoare pentru corpul avînd forma picăturii de apă în cădere ($C_F = 0{,}06$). Deoarece forța de rezistență aerodinamică este minimă dacă corpul se aseamănă cu o picătură, cu o rotunjire în față, și spatele ascuțit, asemenea forme se numesc „aerodinamice". *Forma aerodinamică* reduce forța de rezistență la înaintare a corpurilor în mișcare. Acoperirea unui corp cu un înveliș de formă aerodinamică se numește *carenare*.

Dacă, în locul cupolei cu profil semisferic, parașuta ar fi realizată cu alte forme ale suprafeței de frînare, avînd aceeași secțiune transversală maximă S_T, respectiv același diametru maxim D, viteza de coborîre v_r ar rezulta mereu alta, determinată de coeficientul de formă C_F. Cu cît C_F este mai mic, cu atît viteza de coborîre a greutății G va rezulta mai mare. În fig. 2.2 s-a reprezentat vectorial, în dreptul fiecărui profil, viteza de coborîre, cu greutatea G, secțiunea S_F și densitatea aerului ϱ, neschimbate. Dacă, de exemplu, $G = 80$ daN, $S_T = 40$ m^2 și $\varrho = 1{,}2$ kg/m^3, atunci în cazul cupolei semisferice, viteza de coborîre rezultă $v_r = 5$ m/s (18 km/h), iar în cazul unei suprafețe de frînare de formă aerodinamică rezultă $v_r = 23{,}6$ m/s (85 km/h). Pentru a înțelege diferența între cele două valori, $v_r = 5$ m/s se obține sărind de la o înălțime de 1,25 m, iar viteza de 23,6 m/s, cu o săritură de la circa 30 m înălțime (bineînțeles fără parașută). Un asemenea șoc nu poate fi suportat de organismul uman.

În concluzie, forța de rezistență aerodinamică este funcție de pătratul vitezei relative, densitatea aerului, dimensiunile și forma corpului și se orientează întotdeauna în sensul opus vitezei relative de mișcare (zbor) dintre corp și aerul înconjurător.

2.6. Zborul deltaplanului. Finețea de zbor

Efectele provocate de mișcarea relativă dintre aripa unei aerodine și aerul înconjurător realizează forța necesară sustentației. Din punct de vedere aerodinamic, mișcarea relativă se obține, fie suflînd aerul cu viteza v_r către aripa portantă ținută pe loc (vînt relativ), fie mișcînd aripa cu viteza de zbor v_z într-un mediu aerian imobil. Evident, $v_z = -v_r$.

Acțiunea globală a aerului asupra deltaplanului în zbor se numește *forță rezultantă aerodinamică* (F_A). Dacă evoluția se face pe o traiectorie rectilinie, cu viteza de zbor constantă într-un mediu imobil, forța rezultantă aerodinamică este tot timpul egală și opusă greutății totale G purtate de aripă (deltaplan plus pilot echipat).

În cazul evoluției pe o traiectorie curbilinie sau în cazul unei accelerații, pe lîngă greutate, forța rezultantă aerodinamică trebuie să învingă și forțele de inerție.

În fig. 2.3, *a* este arătat schematic un deltaplan ce zboară planat, pe o traiectorie ușor înclinată AB cu o viteză constantă, v_z. În această situație există egalitatea $G = -F_A$. Unghiul cuprins între traiectoria de zbor și orizontală se numește unghi de planare, notat cu β. Profilul aripii în secțiunea centrală i se alătură, tangent o coardă inferioară, ce face cu traiectoria un unghi α, denumit *unghi de atac*. Acest unghi joacă un rol important în reglarea aerodinamică a zborului.

Vectorul greutății se poate descompune în două proiecții, una pe direcția traiectoriei (vitezei de zbor), denumită componentă tangențială (componentă tractoare) G_T și alta pe direcția perpendiculară (normală) la traiectorie, G_N. Componenta tractoare a greutății „trage" deltaplanul de-a lungul pantei coborîtoare. Dacă traiectoria închide cu orizontala unghiul de planare β, rezultă că $G_T = G$

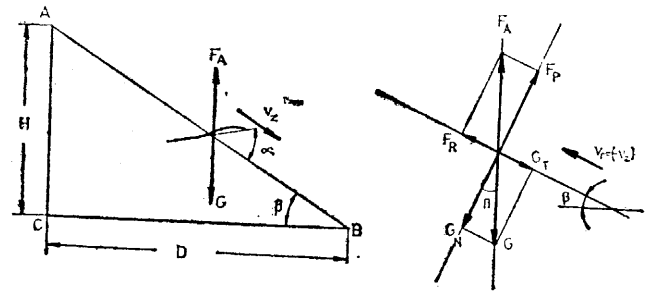


Fig. 2.3. Zborul planat. Echilibrul forțelor.

sin β. Zborul fiind echilibrat, forța tractoare G_T compensează componenta aerodinamică tangențială, de rezistență la înaintare a deltaplanului, F_R, adică $F_R = -G_T$, așa cum se vede în graficul din fig. 2.3, *b*.

Componenta normală a forței rezultante aerodinamice, F_P, susține în zbor componenta greutății pe axa normală la traiectorie, adică $F_P = -G_N$. Din acest motiv, F_P se numește forță (componentă) aerodinamică portantă, sau mai scurt, portanță. Numeric, $F_P = G_M = G \cos \beta$. Unghiul de planare β este determinat în ultimă instanță de calitățile aerodinamice ale deltaplanului la viteza de zbor v, și anume, de relația dintre proprietatea portantă și de rezistență aerodinamică a deltaplanului în zbor. Dacă se scrie raportul

$$f = F_P/F_R = G \cos \beta / G \sin \beta = \text{cotg } \beta,$$

rezultă *finețea de zbor*, egală numeric cu cotangenta unghiului de planare. Cu cît β este mai mic, se obține o finețe mai mare. Semnificația fineței de zbor se deduce din fig. 2.3, *a*. Zburînd de la înălțimea H pe o traiectorie rectilinie sub unghiul β, deltaplanul parcurge distanța D pe orizontală. Din triunghiul dreptunghic ABC rezultă:

$$\text{cotg } \beta = D/H, \text{ adică } D = Hf.$$

Cu alte cuvinte, distanța parcursă D (între punctele BC) în zbor planat, cu o anumită viteză menținută constantă, prin pierderea unei anumite înălțimi H, este cu atît mai mare, cu cît finețea de zbor a deltaplanului este mai mare. Fiecare deltaplan are o anumită viteză de zbor la care finețea sa rezultă maximă. Această viteză se numește viteza de finețe maximă sau *viteza optimă de zbor*, $V_{O\ T}$. Finețea maximă f_M a deltaplanelor de diverse tipuri și destinații nu depășește în nici un caz valoarea 12. De exemplu, admițînd că un anumit deltaplan de concurs are finețea maximă $f_M = 10{,}5$ parcursul obtenabil de la o înălțime disponibilă de 500 m, în zbor planat cu viteză optimă și în atmosferă imobilă (fără vînt), rezultă de 5,25 km.

2.7. Aerodinamica deltaplanului

Aripa suplă a deltaplanului este umflată în zbor de forțele aerodinamice, în mod avantajos pentru obținerea portanței aerodinamice. În fig. 2.4, *a* este indicată o sec-

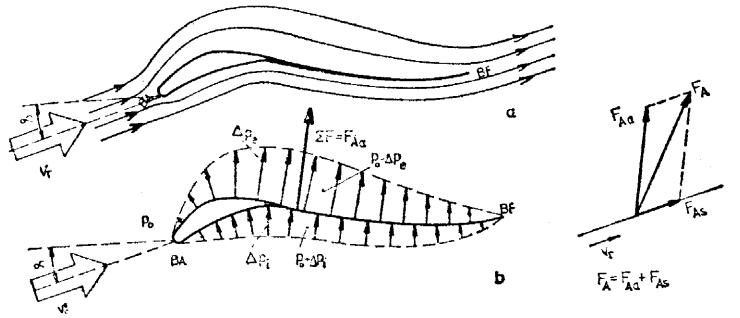


Fig. 2.4. Efectele vîntului relativ asupra aripii flexibile.

țiune transversală prin aripa deltaplanului și modul cum curenții de aer ocolesc aripa pe cele două fețe, de la bordul de atac BA și pînă la bordul de fugă BF. Sub aripă (intrados) liniile de curent se îndeasă, iar presiunea locală se mărește de la p_0 la $p_0 + \Delta p_i$. Deasupra aripii (extrados) liniile de curent se resfiră, iar presiunea locală scade de la p_0 la $(p_0 - \Delta p_e)$. Scăderea Δp_e este de circa 3 ori mai amplă decît valoarea creșterii sub intrados, Δp_i. În fig. 2.4, *b* este reprezentată repartiția valorilor Δp_e și Δp_i de-a lungul profilului în profunzime. Însumînd efectele locale ale diferențelor de presiune asupra suprafeței voalurii se obține forța aerodinamică ce acționează asupra aripii deltaplanului ($\Sigma F = F_{Aa}$), orientată oblic în sus și spre înapoi (în raport cu direcția vîntului relativ v_r).

Deltaplanul mai are unele elemente de structură (corzi, țevi) necuprinse în profilul aripii zburătoare și necarenate, la care se adaugă și corpul pilotului atîrnat, expus vîntului relativ. Din aceste cauze se produc în zbor suplimentar forțe de rezistență aerodinamică, F_{Rs}, ce se adună cu forța aerodinamică acționînd asupra aripii, F_{Aa} (fig. 2.4, *c*) și formează împreună forța aerodinamică totală F_A, avînd, așa cum s-a arătat înainte, două proiecții: *1* — forța (componenta) de rezistență aerodinamică F_R, acționînd în sensul vîntului relativ v_r (în sensul opus vitezei de zbor, v_z) și *2* — forța (componenta) aerodinamică portantă F_P, orientată în zborul normal în sus, perpendicular pe traiectorie.

Este ușor de înțeles că, atît portanța cît și rezistența la înaintare a deltaplanului în zbor se modifică dacă se schimbă viteza de zbor, v_z și unghiul de atac, α. Cercetările teoretice și experimentale făcute la unghiuri de atac α constante (de exemplu cu machete dispuse în tunelul aerodinamic) arată deopotrivă, că forțele aerodinamice se modifică cu pătratul vitezei de zbor ($F_R \sim v_z^2$ și $F_P \sim v_z^2$ **la** $\alpha = const$). De asemenea, s-a studiat efectul schimbării unghiului de atac asupra forțelor aerodinamice, păstrînd viteza vîntului relativ, constantă. Ca urmare, s-au obținut formule pentru exprimarea forțelor aerodinamice ce acționează asupra deltaplanului în vîntul relativ.

Formula care exprimă forța aerodinamică portantă, este

$$F_P = C_P S_T \, (\varrho/2) \, v_z^2 \, [\mathrm{N}]$$

în care C_P este coeficientul portanței aerodinamice; S_T — suprafața cuprinsă în conturul aripii (m^2); ϱ — densitatea aerului (kg/m^3); v_Z — viteza de zbor (m/s).

Coeficientul portanței aerodinamice este caracteristic formei și profilului aripii și se schimbă odată cu unghiul de atac. În fig. 2.5, *a* s-a trasat grafic valoarea coeficientului C_P determinată experimental pentru un anumit deltaplan, ca funcție de unghiul de atac α. Între anumite limite, C_P nu depinde de viteza de zbor. Se constată că, începînd cu un unghi de atac pozitiv mic ($\geqslant 6°$), coeficientul C_P crește rapid cu mărirea unghiului α, pînă la un maxim, C_{Pmax}, după care se micșorează progresiv. Explicația micșorării coeficientului C_P de la anumite valori α în sus constă în dezlipirea fileurilor de aer de pe extradosul aripii, urmată de o scădere a depresiunii Δp_e.

Componenta de rezistență aerodinamică produsă de profilul aripii, F_{Ra}, este numai o parte din forța totală ce se opune mișcării deltaplanului în zbor. Acesteia i se mai adaugă rezistența indusă la capetele de aripă F_{Ri} (despre care se va vorbi într-un alt paragraf) și rezistența elementelor suplimentare, F_{Re}. Suma lor reprezintă rezistența aerodinamică totală a deltaplanului în zbor, F_R.

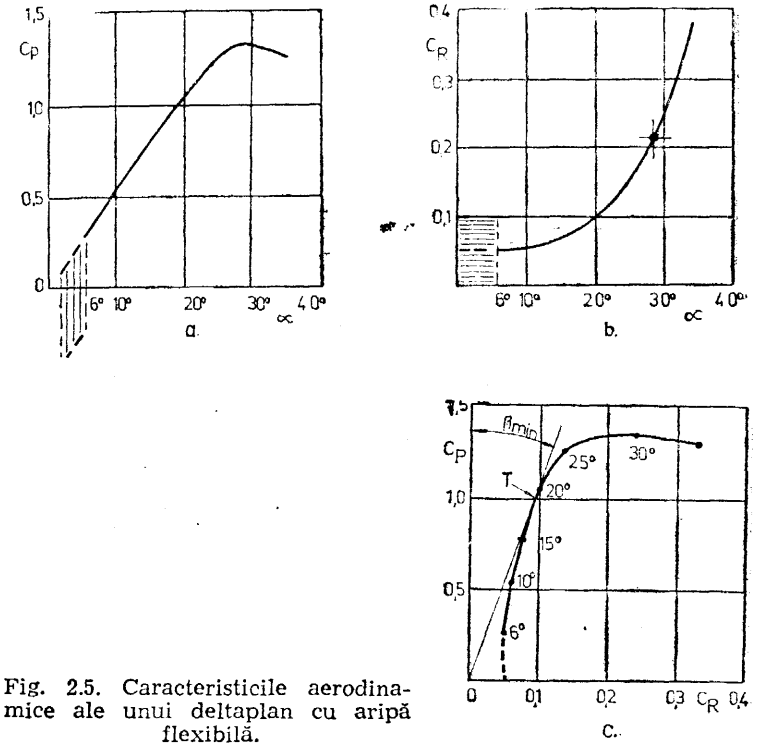


Fig. 2.5. Caracteristicile aerodinamice ale unui deltaplan cu aripă flexibilă.

Formula care exprimă forța de rezistență aerodinamică a profilului de aripă, este:

$$F_{Ra} = C_{Ra} \cdot S_T \, (\varrho/2) \cdot v_z^2 \, [\mathrm{N}],$$

în care: C_{Ra} este coeficientul rezistenței aerodinamice, dat de profilul aripii; S_T, ϱ și v_z au semnificațiile expuse anterior.

În fig. 2.5, *b* s-a reprezentat grafic valoarea coeficientului C_R dedusă experimental pentru un anumit deltaplan, ca funcție de unghiul de atac α. Coeficientul

C_R are valori reduse la unghiuri α mici, crește însă tot mai vertiginos cu creșterea unghiului de atac. Valoarea maximă ce o poate lua C_R, corespunde expunerii transversale a aripii față de vîntul relativ, adică valorii lui $\alpha = 90°$. Evident această situație nu reprezintă nici pe departe un zbor aerodinamic.

Cele două curbe, $C_P(\alpha)$ și $C_R(\alpha)$ pot fi asamblate prin eliminarea parametrului comun α, obținîndu-se *curba polară* C_P—C_R, reprezentată în fig. 2.5, *c*. Curba polară C_P—C_R este o caracteristică a aripii de deltaplan din punct de vedere aerodinamic.

S-a arătat că finețea de zbor f se poate calcula din raportul componentelor, $F_P/F_R = f$. Înlocuind cu formulele aerodinamice, rezultă că $f = C_P/C_R$. Pentru a găsi finețea maximă a deltaplanului studiat, se duce tangenta la curbă din origine (fig. 2.5, *c*) și se găsește punctul T ($C_P = 1$ și $C_R = 0{,}09$). Rezultă că finețea maximă, $f_M = 1/0{,}09 = 11$ (la $\alpha = 18°$). Se poate calcula în continuare și viteza optimă, corespunzătoare finețeі maxime. Pentru aceasta, se scrie întîi formula forței aerodinamice rezultante, $F_A = \sqrt{F_P^2 + F_R^2}$.

Înlocuind, $F_A = S_T\,(\rho/2)\cdot v_Z^2\sqrt{C_P^2 + C_R^2}$, rezultă $v_Z^2 = 2F_A/S_T\cdot\rho\sqrt{C_P^2 + C_R^2}$.

Pe de altă parte, în zborul rectiliniu și uniform, $F_A = |G|$.

Considerînd că pilotul echipat are 72 kg, iar deltaplanul 30 kg, $G = 1000$ N, iar celelalte mărimi iau valorile : $S_T = 15$ m^2, $\varrho = 1{,}2$ kg/m^3, $C_P = 1$ și $C_R = 0{,}09$.

În acest caz, făcînd calculele, rezultă $v_Z = V_{OPT} = 10{,}5$ m/s sau $V_{OPT} = 10{,}5\cdot 3{,}6 = 37{,}8$ km/h.

Cu deltaplanul se poate zbura și cu viteză mai mică, dacă se mărește coeficientul portanței către valoarea sa maximă, prin creșterea unghiului de atac. Din fig. 2.5 se pot extrage datele pentru calculul vitezei minime de zbor : $C_{PMax} = 1{,}3$ pentru $\alpha = 28°$. În acest punct, $C_R = 0{,}21$. Repetînd calculele de mai sus pentru aceste date, se obține o viteză de zbor $v_z = 9{,}2$ m/s (33,1 km/h) și o finețe $f = 6{,}2$. Viteza limită de zbor se va nota cu V_{LIM}.

2.8. Viteza de parcurs și viteza de înfundare

Zburînd planat pe o traiectorie înclinată cu unghiul de planare B, deltaplanul execută simultan două mișcări : 1) înaintează pe orizontală și 2) coboară neîntrerupt. Mișcarea pe orizontală este descrisă de viteza de parcurs v_x iar coborîrea se face cu *viteza de înfundare*, v_Y.

În fig. 2.6, *a* se vede descompunerea vitezei de zbor în componentele sale v_x și v_Y. Dacă se cunoaște unghiul β, $v_x = v_Z \cos\beta$ și $v_Y = v_Z \sin\beta$, de unde rezultă că $v_x/v_Y = \operatorname{cotg}\beta =$ finețea deltaplanului. Avînd în vedere că unghiul β este mic, valoarea vitezei de parcurs se poate confunda cu valoarea vitezei de zbor (pentru o finețe mai mare de 7, eroarea comisă este mai mică de 1,4%). Se poate deci scrie că $v_x = v_Z$ și mai departe, că viteza de înfundare $v_Y = v_Z/f$. Astfel, de exemplu, dacă un deltaplan zboară cu viteza $v_Z = 11$ m/s și finețea $f = 9$, viteza de parcurs poate fi luată $v_x = v_Z = 11$ m/s (40 km/h), iar viteza de înfundare, $v_Y = 11/9 = 1{,}23$ m/s.

În fine, se poate calcula și viteza de înfundare în zborul la limită. Datele din fig. 2.5 conduc la $V_{LIM} = 9{,}2$ m/s și finețea corespunzătoare, $f_L = 6{,}2$, de unde viteza de înfundare la limită, $V_{YL} = 9{,}2/6{,}2 = 1{,}48$ m/s.

Observație. Zborul la limită reprezintă un iminent pericol ; sustentația nu mai este suficientă pentru a menține greutatea totală și deltaplanul încetează să evolueze normal. Căderea care urmează se numește angajare. Ieșirea din angajare și intrarea în zbor normal se face cu pierdere mare de înălțime.

Există un singur caz cînd pilotul provoacă în mod voit reducerea vitezei sub valoarea limită și anume, în momentul final al unei aterizări reușite.

Zburînd pe traiectoria impusă de pilot, deltaplanul se poziționează sub un anumit unghi de atac, cu o viteză de zbor descrisă prin cele două componente, de parcurs și de înfundare. În fig. 2.6, *b* a fost redată grafic legătura dintre cele două viteze în așanumita *curbă polară a vitezelor*. Cîteva valori corespondente ale unghiului de atac, cuprinse între 6° și 30°, au fost însemnate cu puncte pe caracteristică.

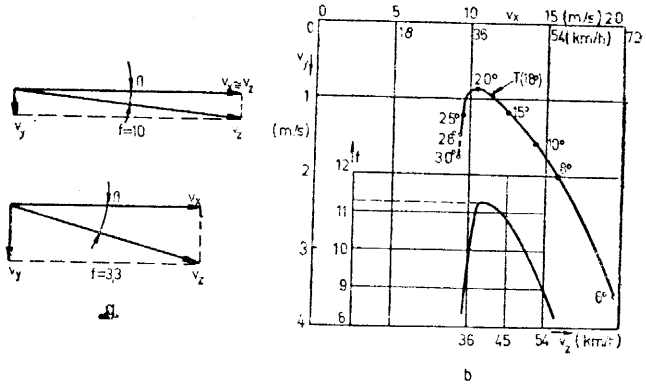


Fig. 2.6. Viteza de parcurs (V_x) și viteza de înfundare (V_y).

Unghiul de atac minim utilizabil în cazul unei aripi flexibile este de circa 5°. Sub această valoare, voalura vibrează, „fîlfîie" ca un steag în bătaia vîntului. Din curba polară rezultă că un asemenea unghi de atac rezolvă sustentația numai la o viteză relativ ridicată de zbor, de circa 20 m/s adică 72 km/h. Pentru a întreține o asemenea mișcare rapidă, deltaplanul trebuie să coboare pe o pantă mai accentuată, cu o viteză de înfundare de peste 3,5 m/s. Finețea de planare în asemenea condiții este redusă și anume, $f(6°) = 20/3{,}5 = 5{,}7$.

Unghiul de atac se reglează la 10° dacă $v_x = 14{,}2$ m/s (51 km/h) și $v_y = 1{,}57$ m/s. Finețea de $f(10°) = 9{,}1$ este deja bună la această viteză de zbor. Așa cum s-a arătat mai sus, finețea optimă $f_M = 11{,}1$ rezultă în punctul $T(18°)$, cu $v_z = V_{OPT} = 10{,}5$ m/s (37,8 km/h) și $v_y = 0{,}96$ m/s. Asemenea valori denotă că deltaplanul studiat este de înaltă performanță.

Viteza de înfundare minimă $v_y = V_{ymin} = 0{,}93$ m/s, corespunde însă unui unghi de atac ceva mai mare, de circa 20°, la o viteză de zbor $v_x = 10{,}2$ m/s (36,7 km/h). Este situația în care coborîrea de la o anumită înălțime durează cel mai mult.

Mărind în continuare unghiul α, curba polară se întoarce și coboară, indicînd o creștere tot mai accentuată

a vitezei de înfundare. Viteza limită, cu $\alpha = 28°$ fixează extremitatea la stînga a curbei polare a vitezelor.

La baza graficului din fig. 2.6, *b* s-a trasat și finețea de planare a deltaplanului studiat în exemplu, ca funcție a vitezei impuse în zbor.

Viteza limită de zbor V_{LIM}, viteza de înfundare minimă V_{ymin} și viteza optimă (de finețe maximă) V_{OPT} sînt parametrii caracteristici unui anumit deltaplan și corespund unei anumite greutăți a pilotului, care trebuie menționată indicînd masa pilotului de încercare. În cazul unui pilot mai ușor, cele trei viteze caracteristice vor rezulta de valori mai scăzute.

2.9. Răspunsul deltaplanului la comenzi

Deplasarea corpului pilotului înspre înainte (fig. 2.7) pentru mărirea vitezei de zbor, declanșează următoarele efecte : — apare un moment al forțelor, $(G—F_A)$ de răsturnare pe bot ; — începe să se micșoreze unghiul de atac și în același timp, scade forța aerodinamică ; — se produce o pierdere de înălțime suplimentară prin care viteza se mărește ; — ca urmare, punctul de aplicație al forței rezultante aerodinamice se deplasează mai în față, chiar înaintea verticalei prin centrul de greutate, ceea ce crează un cuplu de redresare, cu tendința de ridicare a botului ; — pentru menținerea vitezei crescute, pilotul trebuie să acționeze neîntrerupt asupra barei de control, împingînd-o spre înapoi. Eliberarea barei de control din forța de comandă a pilotului permite ridicarea botului, ceea ce are ca urmare reducerea vitezei de zbor către valoarea sa normală. Cu cît viteza de zbor impusă de pilot este mai ridicată, cu atît mai puternică este și tendința de redresare a deltaplanului. Amploarea comenzii și forța exercitată de pilot asupra barei reglează valoarea vitezei de zbor.

Deplasarea corpului pilotului înspre coada deltaplanului, pentru reducerea vitezei de zbor, declanșează următoarele efecte : — apare un moment al forțelor $(G—F_A)$ de răsturnare pe coadă, care ridică botul ; — unghiul de atac crește și, în consecință, crește și forța rezultantă

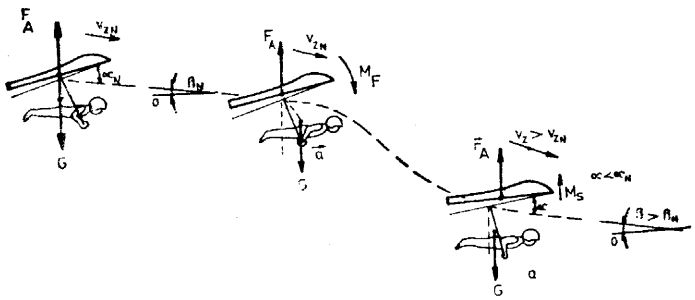


Fig. 2.7. Creșterea vitezei de zbor.

aerodinamică ; — ca urmare, deltaplanul evoluează cu un ușor cîștig de înălțime, însoțit de o reducere a vitezei la noua ei valoare ; — în continuare, deltaplanul zboară încetinit. Reducerea vitezei deplasează punctul de aplicație al forței rezultante aerodinamice spre înapoi, astfel încît ia naștere un cuplu redresor care tinde să coboare botul deltaplanului. Pentru a menține cursul cu viteză redusă, pilotul trebuie să acționeze tot timpul asupra barei de control cu o forță de împingere înspre înainte. Eliberarea barei de control are drept urmare coborîrea botului datorită cuplului redresor, pînă la atingerea vitezei normale de zbor.

Mențiune. Proprietatea deltaplanului de a produce momente redresoare în situații de zbor cu viteză diferită de viteza normală se numește *stabilitate longitudinală.* Datorită stabilității longitudinale menținerea cursului normal de zbor nu cere un efort din partea pilotului. Stabilitatea longitudinală este dictată în ultimă instanță de caracteristicile aerodinamice ale aripii zburătoare. Profilul aerodinamic al aripii care asigură redresarea automată în situații de viteză prea mare sau prea mică de zbor se numește profil autostabil. Acest profil are o formă de *S.*

Deplasarea corpului pilotului lateral, pentru înclinarea deltaplanului pe o aripă, declanșează următoarele efecte (fig. 2.8) : — apare un moment al forțelor $(G—F_A)$ de răsturnare laterală ; — ca urmare, deltaplanul se înclină progresiv pe o aripă ; — forța aerodinamică rezultantă fiind legată de aripă, se înclină și ea ; — în consecință, greutatea totală, verticală, nu mai este susținută de forța F_A ci numai de proiecția ei pe verticală $F_{AV} = F_A \cos \gamma$, cu atît mai mică cu cît unghiul de înclinare laterală γ este mai mare (fig. 2.8, *b*) ; — proiecția pe orizontală a forței aerodinamice, $F_{AC} = F_A \sin \gamma$, acționează ca o forță centripetă imprimînd deltaplanului o mișcare curbilinie în jurul unui centru, cu raza arcului, R. Zborul pe o traiectorie curbilinie se numește viraj. Pentru a putea efectua un viraj, pilotul trebuie întîi să mărească viteza de zbor. Creșterea vitezei produce o rezervă în valoarea forței aerodinamice, suficientă pentru asigurarea sustentației în poziție înclinată a deltaplanului. În cele ce urmează, se prezintă situația în cazul unei înclinații accentuate a deltaplanului, de 60° față de orizontală. Se poate calcula componenta verticală necesară sustentației, punînd condiția : $F_{AV} = |G|$. Dar $F_{AV} = F_A(60°) \cos 60° = F_A(60°) \cdot 0{,}5$ de unde $F_A(60°) = 2G$. Obținerea unei forțe aerodinamice rezultante de două ori mai mare decît G, este posibilă prin creșterea vitezei normale de zbor de $\sqrt{2}$ ori ($\sqrt{2} = 1{,}42$) ; $v_Z\ (60°) = 1{,}42 \cdot v_{Znorm}$. Dacă, de exemplu, viteza normală de zbor este 38 km/h, atunci viteza necesară pentru a zbura înclinat la 60° rezultă $v_Z(60°) = 1{,}42 \cdot 38 = 54$ km/h (15 m/s).

Se poate calcula în continuare raza virajului corect executat. În cazul de mai sus, avînd înclinația de 60°, componenta centripetă a forței aerodinamice rezultante este $F_{AC} = F_A(60°) \sin 60°$; $F_{AC} = 2G \cdot 0{,}866$. Pe de altă

parte, se cunoaște expresia forței centrifuge $F_c = m v^2/R$, și anume, aceasta este direct proporțională cu masa corpului și cu pătratul vitezei de mișcare și invers proporțională cu raza de rotație. Astfel, se poate exprima raza virajului corect executat cu înclinația laterală de 60°: $R = mv^2/F_c$; $R(60°) = mv^2/2G\ 0{,}866 = v^2/2g\ 0{,}866 = 15^2/2 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}866 = 13{,}25$ m. Diametrul unei spirale cu înclinarea de 60°, rezultă de circa 27 m. Făcînd calculele și pentru înclinarea de 30°, rezultă un diametru mult mai mare, de circa 47 m; în schimb, viteza de zbor nu trebuie să depășească 41 km/h.

Executarea virajelor înclinate presupune stăpînirea deplină a tehnicii pilotării deltaplanelor și prezintă două neajunsuri: — obținerea și menținerea vitezei ridicate de zbor se face cu pierderi suplimentare de înălțime; — forțele centrifuge de inerție solicită puternic elementele de legătură, chingile, cablurile etc.

Într-o atmosferă liniștită, zburînd cu o viteză normală, un deltaplan bine construit nu se înclină lateral decît la comanda dată de pilot, iar dacă este înclinat, tinde să revină în poziția orizontală. Proprietatea deltaplanului de a ieși de la sine din înclinație se numește *stabilitate transversală* (laterală). Stabilitatea laterală rezultă din construcția deltaplanului, avînd capetele de aripă ușor ridicate în sus. Dispunerea aripilor în formă de V (diedru pozitiv) conferă stabilitatea transversală.

Deltaplanele de performanță sînt construite în așa fel încît să răspundă cît mai prompt la comenzile pilotului. Calitatea deltaplanului de a răspunde prompt la comenzi se numește *manevrabilitate*. Cu cît deltaplanul este mai manevrabil, cu atît stabilitatea sa este mai redusă. Pentru inițierea în tehnica pilotajului, deltaplanul folosit trebuie să prezinte stabilitate în zbor.

ANDRIEȘ C. LUCIAN
Nr 1051
Biblioteca Personală

3 CONSTRUCȚIA DELTAPLANELOR

3.1. Introducere

O condiție esențială în construcția avioanelor este asigurarea unei structuri cît mai rezistente, la o greutate cît mai redusă. La începuturile aviației, entuziaștii zburători își construiau singuri avioanele. Aripile se făceau din pînză întinsă pe șipci de lemn, dispuse în evantai. Pentru a da construcției rezistență și rigiditate, fire de oțel legau încrucișat diversele noduri ale scheletului avionului. Soluțiile constructive experimentate la vremea respectivă sînt atît de reușite încît se aplică și în zilele noastre la construirea avioanelor foarte ușoare, inclusiv a deltaplanelor.

Deltaplanul reprezintă cea mai simplă formulă de realizare a unei aeronave relativ rigide, redusă la forma unei aripi zburătoare (fără fuselaj și ampenaj), care se pilotează prin mișcările corpului pilotului stînd într-o poziție atîrnată.

Suprafața aripii, ce poartă întreaga încărcătură, este cusută dintr-o pînză specială și se numește *voalură*. Croiala voalurii și elementele cu care se îmbină, conferă aripii proprietăți aerodinamice, de care ne-am ocupat înainte. Voalura este întinsă pe un cadru rezistent, alcătuit din țevi de duraluminiu, prinse laolaltă cu diverse elemente de legătură, șuruburi și cabluri.

Tuburile metalice elastice și voalura de pînză conferă deltaplanului o anumită *flexibilitate;* solicitările aerodinamice în diverse situații de zbor produc modificări ale formei și profilului aripii. Deformațiile produse, în limita supraeforturilor admisibile, asigură o distribuire mai uniformă a solicitărilor mecanice cît și modificări ale expunerii aerodinamice (micșorarea unghiurilor de atac, creș-

terea diedrului etc.), atenuînd riscurile în situații critice de zbor.

Proiectarea deltaplanului, bazată pe calcule inginerești și pe experiența acumulată în peste două decenii de practică — utilizînd materiale de calitate superioară — conduce la realizări elegante, ușoare și rezistente, cu proprietăți aerodinamice bune de zbor.

După realizarea unui deltaplan, se fac verificări tehnice conform reglementărilor, sub toate aspectele — la sol și în aer — pentru acordarea unei autorizații de utilizare în activitatea sportivă.

Pentru descrierea constructivă a cadrului de rezistență se dă fig. 3.1. În vederea de sus *a* se remarcă dispunerea în evantai a trei tuburi principale : tubul longitudinal, pe axa de simetrie longitudinală, denumit *chilă C* și *tuburile laterale,* pe dreapta și pe stînga (*TLD,* respectiv *TLS*) care întind voalura pe toată lățimea aripii. Chila și tuburile laterale se întîlnesc în față, în elementul de legătură denumit *bot B*. Pentru menținerea tuburilor laterale în poziție deschisă, servește *tubul transversal TT,* avînd de regulă o *articulație A* în partea centrală. La capete, tubul transversal se leagă de tuburile laterale în *nodul lateral de îmbinare — dreapta NLD,* respectiv — *stînga NLS.*

În cazul deltaplanelor de școală, articulația *A—TT* se prinde de chilă cu un element de legătură, în dreptul nodului central denumit *inimă I*. Unele deltaplane de performanță se construiesc în ultimul timp cu *„transversal flotant“*, adică fără o legătură rigidă cu chila. Poziția tensionată a evantaiului se asigură prin tragerea articulației *A—TT* către inimă, folosind un cablu sau o bielă. Se cunoaște și o variantă constructivă fără tubulatură transversală (de exemplu deltaplanul „Grifrom“ ICA — Brașov), folosind pentru tensionarea evantaiului, cabluri legate în nodurile laterale și întinse către vîrful prelungit al chilei, înainte, în fața botului, prin intermediul unei țevi numite *cioc* (fig. 3.1, *b*).

Cadrul de rezistență privit din față (detaliul *c* în fig. 3.1) arată elementele constructive plasate dedesubtul și deasupra evantaiului. Sub chilă se află *trapezul,* constînd din *bara de control BC* și cei doi *montanți M* prinși

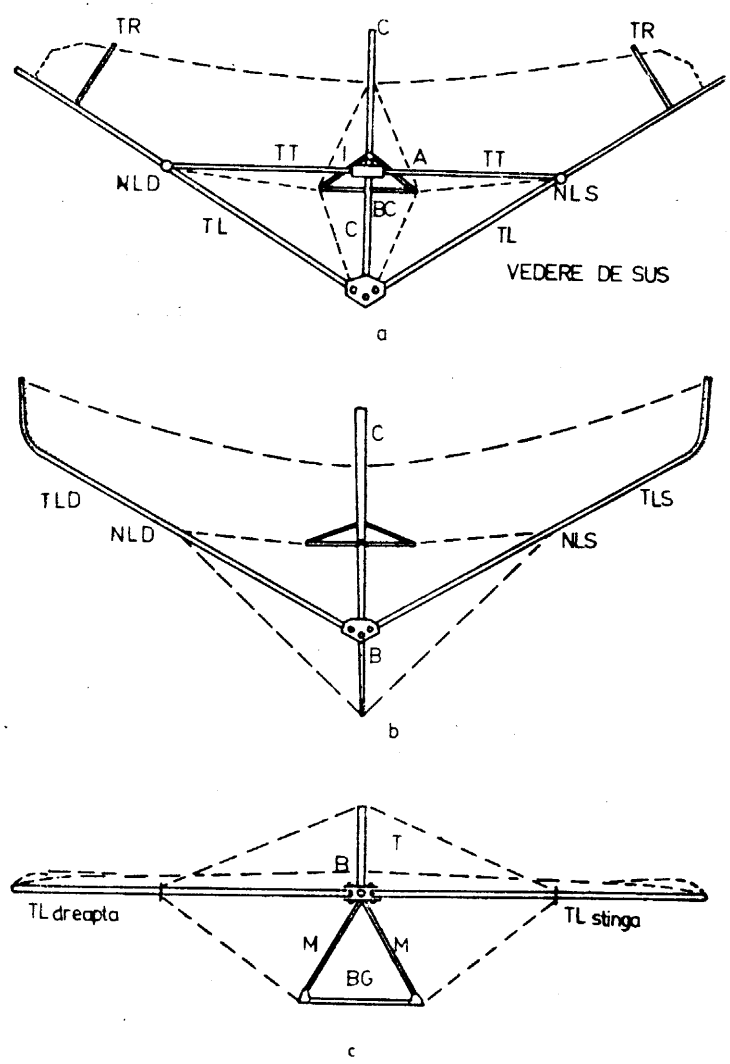


Fig. 3.1. Structura de rezistență a deltaplanului : *a* — vedere de sus ; *b* — varianta fără transversal ; *c* — *vedere din față.*

în partea lor superioară de inimă printr-un element de asamblare. Montanții se leagă de bara de control, prin îmbinările *BM*, ce reprezintă noduri importante în structura deltaplanului. Deasupra chilei, pornind din inimă se ridică *turnul T*, avînd la extremitatea superioară un *cap* prin care trec *corzile de susținere statică* a structurii de rezistență (hobanele superioare).

Corzile de susținere împiedică deformarea geometrică a deltaplanului atunci cînd este așezat pe jos, sprijinit pe trapez și bot (sau coadă), mai ales cînd bate și vîntul. În zbor normal, corzile de susținere nu sînt tensionate. În fig. 3.2 detaliul *a*, se vede că firele de susținere, în număr de patru, leagă de turn botul și coada chilei, precum și nodurile laterale *NLD* și *NLS*.

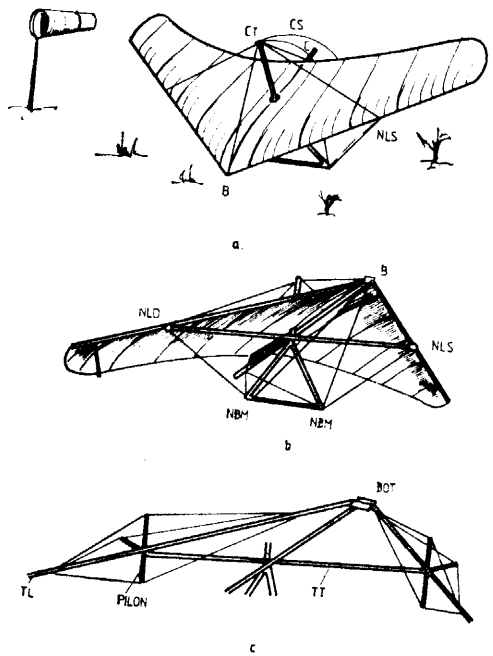


Fig. 3.2. Cablajul și voalura :
a — corzile de susținere ; *b* — corzile zburătoare ; *c* — corzi de contravîntuire.

În timpul zborului sînt solicitate cele șase *corzi zburătoare* (hobanele inferioare), care pleacă din capetele barei de control, (îmbinările *BM*) către bot și coada chilei, precum și către nodurile laterale *NLS* și *NLD*. Corzile sînt confecționate din cablu de oțel cu multe fire răsucite între ele („multitoron").

Pe cadrul metalic de rezistență se întinde voalura. Confecționată din pînză de poliester, voalura îmbracă cele două tuburi laterale cu teci cusute pe toată lățimea aripii. În cazul deltaplanelor de performanță, teaca se întinde în profunzimea aripii, asigurînd un profil aerodinamic îmbunătățit. În spatele turnului, voalura are o mînecă prin care se prinde de chilă. În timpul zborului, mîneca are un efect derivor. Pentru a imprima aripii un profil aerodinamic se introduc în niște teci cusute pe voalură *lateuri profilate*, confecționate din țevi subțiri de aluminiu sau tuburi de plastic.

Partea din față a aripii, sprijinită pe tuburile laterale, se numește *bord de atac*. La deltaplanele de performanță, bordul de atac este întărit, pentru o mai bună profilare aerodinamică, prin introducerea unei folii de plastic pe toată lungimea bordului, într-un buzunar al voalurii. Folia se curbează în jurul tubului lateral rotunjind bordul de atac. Marginea posterioară a aripii se numește *bord de fugă*. Această muchie a voalurii este solicitată la întindere și în unele situații de zbor are tendința să fluture. Din aceste motive, bordul de fugă este întărit prin dublarea pînzei și aplicarea unor cusături.

Voalura întinsă, umflată în zbor de presiunea aerodinamică, încovoaie tuburile laterale. Pentru a preveni aceste deformații, unele deltaplane prezintă în fața bordului de atac *corzi (cabluri) de contravîntuire* (fig. 3.2, c). Legat de bot și de capătul aripii, fiecare cablu trece peste cîte un pilon de întindere în dreptul nodului lateral, așa cum se vede și în figură. Așezînd 3 cabluri de contravîntuire în față, deasupra și dedesubtul fiecărui tub lateral, bordul de atac rămîne drept în timpul zborului. Deoarece

însă pilonii de contravîntuire, proeminenți, se pot agăța și rupe la sol, iar cablurile măresc pierderile aerodinamice în zbor, deltaplanele de performanță nu au contravîntuiri pe bordul de atac. În schimb, rigidizarea bordului de atac se asigură prin încovoierea inițială a tuburilor laterale în tecile voalurii, croite rotunjit. Pentru ca momentul încovoietor aplicat să nu conducă la solicitări nepermise în dreptul îmbinărilor laterale, tuburile laterale se întăresc în porțiunea centrală prin dublarea pereților ; în țeava tubului lateral se introduce o a doua țeavă, de diametru mai mic. În acest mod, curbarea tubului lateral se rotunjește și se elimină pericolul ca tubul să se frîngă în dreptul nodului lateral.

Pentru a interveni corector asupra evoluției în zbor picat al deltaplanului, în anumite situații critice, aripa este dotată cu elemente constructive stabilizatoare. La capetele aripilor, sub voalură, se montează *tije de reflex pozitiv TR*, ca în fig. 3.1, *a*. În zbor normal, aceste tije nu exercită nici o influență. Dacă însă viteza de zbor se mărește excesiv, unghiul de incidență la capetele de aripă se micșorează și voalura ajunge să se sprijine pe tijele de reflex. Susținute în intrados, capetele de aripă acționează ca un profundor („manșă trasă") și ca atare se înființează de la sine (în mod reflex) un efect redresor, urmat de creșterea unghiului de atac. Deltaplanele sînt prevăzute de asemenea cu elemente adiționale de stabilizare și de prevenire a fluturării voalurii, în partea centrală a aripii, constînd dintr-un *cordaj stabilizator CS*, ce leagă bordul de fugă la capătul turnului, cîte un fir de la capetele primelor lateuri de lîngă chilă, două din dreapta și două din stînga. În regimul de zbor normal, firele nu acționează asupra bordului de fugă (fig. 3.2, *a*). Dacă însă unghiul de atac instantaneu se micșorează, sau devine negativ, firele de stabilizare se întind și susțin bordul de fugă, imprimînd aripii în partea centrală un profil aerodinamic în formă de „*S*", autostabil. Montarea elementelor stabilizatoare *TR* și *CS*, pentru readucerea deltaplanului din situații de zbor anormale în domeniul manevrabil, este obligatorie.

3.2. Caracteristicile constructive ale unui deltaplan

Deltaplanul montat, gata de zbor, are o serie de caracteristici din care se menționează :

— *masa în gol*, fără husă, instrumente etc., exprimată în kg ; în funcție de tipul constructiv și destinație (școală, performanță) masa unui deltaplan se situează între 16 și 35 kg ;

— *forma aripii*, dată de proiecția în plan a conturului aripii (bord de atac, bord de fugă, capete). În general, aripa are o formă de săgeată („delta") cu capetele retezate ;

— *suprafața în proiecție*, notată cu A, este aria cuprinsă în conturul plan al aripii ; se exprimă în m^2 și are valoarea, în funcție de masa încărcăturii, între 14 și 22 m^2 ;

— *anvergura aripii*, notată cu b, reprezintă deschiderea transversală măsurată între capetele de aripă ; anvergura este în jur de 10 m ;

— *profunzimea aripii*, se măsoară pe conturul plan, paralel cu chila, din linia bordului de atac pînă la bordul de fugă ; de regulă, profunzimea este maximă în dreptul chilei și descrește spre capetele aripii ;

— *înălțimea*, se măsoară între bara de control și capul turnului ;

— *unghiul la bot*, care se determină între tuburile laterale, este cuprins între 105° și 130°.

O caracteristică geometrică importantă în analizarea proprietăților aerodinamice este *alungirea aripii*, notată cu λ. Alungirea se definește prin raportul dintre anvergura aripii la pătrat (b^2) și suprafața proiecției, A :

$$\text{alungirea } (\lambda) = \frac{\text{anvergură } (b^2)}{\text{suprafața în proiecție } (A)} .$$

$$\lambda = \frac{b^2}{A}$$

Pentru o aripă de formă dreptunghiulară, cu anvergura b și profunzimea p, suprafața în proiecție $A = pb$ și alungirea rezultă ca raportul dintre anvergură și pro-

funzime. Cu cît o aripă este mai îngustă (profunzimea mai mică în raport cu anvergura) alungirea rezultă mai mare. Alungirea aripii unui deltaplan este de regulă sub 7.

3.3. Solicitări și deformații

Piesele componente ale cadrului de rezistență sînt supuse în timpul zborului unor solicitări mecanice. Solicitările au ca efect întinderi și comprimări, încovoieri, răsuciri și forfecări. Analizînd forțele ce apar asupra deltaplanului în zbor și efectele șocurilor în cazul aterizărilor nereușite, se pot stabili, pe baza unor calcule, dimensiunile și calitățile impuse diverselor piese constituente ale unui deltaplan.

Materialele utilizate în construcția deltaplanelor sînt selecționate în funcție de următoarele proprietăți importante : — elasticitate, rezistență la rupere și la oboseală, densitate masică.

Elasticitatea materialelor constă în proprietatea de a reveni la forma și dimensiunile inițiale, după o *solicitare mecanică deformantă*. Se știe că diferența dintre o sîrmă de fier moale și o sîrmă de oțel se constată atunci cînd încercăm să le răsucim capetele. În mod mai puțin evident, elasticitatea se manifestă și în cazul deformării firelor, barelor, tuburilor confecționate din diverse materiale. Cu mașini de încercat speciale se pot măsura deformațiile (foarte mici) produse prin aplicarea unor forțe asupra unor piese de încercare, numite epruvete, (de formă și dimensiuni standardizate) pentru a scoate în evidență solicitările limită cu efecte elastice sau de rupere.

Limita de curgere este o caracteristică de material, determinată de compoziția acestuia și de tratamentele la care a fost supus, și se exprimă prin valoarea efortului unitar maximal după care materialul mai revine la dimensiunile inițiale. *Efortul unitar* reprezintă raportul dintre forța de întindere (compresiune) și suprafața secțiunii solicitate. Forța se măsoară în (N) sau zeci de newtoni (daN), iar secțiunea în milimetri pătrați (mm^2) sau centimetri pătrați (cm^2). Depășind limitele deformației elastice, materialul începe să „curgă" după care se rupe. Este important să se cunoască rezistența materialului la rupere, pentru a se lua toate măsurile în proiectare încît să nu se ajungă la asemenea solicitări. Dacă forța care rupe epruveta se împarte la secțiunea inițială a acesteia se obține *efortul unitar de rupere* a materialului. În această privință aliajele de duraluminiu cu o densitate aproape de trei ori mai scăzută decît a oțelului, concurează cu acesta în privința rezistenței la rupere.

Aluminiul aliat cu alte metale, cum ar fi cupru, zinc, crom, plumb și cu siliciu, magneziu sau mangan — adăugate în cantități sub 10% — dobîndește proprietăți deosebite de rezistență. O sîrmă cu *secțiunea de 1 mm^2* dintr-un asemenea material se rupe dacă atîrnăm de ea o greutate avînd masa de mai multe zeci de kg. De exemplu, să admitem că sîrma, avînd o compoziție cunoscută, se rupe sub o sarcină cu masa $m = 56$ kg. Atunci, *rezistența la rupere* pentru acel aliaj rezultă :

$$\tau_r = 56 \cdot 9{,}8 = 550 \text{ N/mm}^2 = 55 \text{ daN/mm}^2.$$

În tabelul 3.1 sînt date diverse aliaje și principalele lor caracteristici.

Întinderea unor elemente legate în lanț va solicita cel mai mult elementul cu secțiunea cea mai mică. Dacă forța aplicată produce în secțiunea cea mai mică un efort ce întrece limita de elasticitate, acolo se va produce o *deformație remanentă* sau chiar o rupere. Dacă elementele supuse la întindere sînt țevi sau bare trase de capete, solicitarea se numește axială. Dacă forțele acționează axial, dar cu efect de apropiere a punctelor de aplicație, solicitarea se numește de *compresiune*. În cazul barelor și țevilor mai lungi solicitarea la compresiune poate conduce la distrugerea pieselor prin efectul de *flambaj*. Materialul cedează sub acțiunea comprimării asimetric, se îndoaie, capetele se apropie tot mai mult încovoind țeava pînă ce se frînge. Pentru a evita flambajul țevilor sau barelor lungi supuse la compresiune, acestea trebuie să aibe diametre și grosimi de pereți cu atît mai mari, cu cît solicitările pot atinge valori mai mari. Piesele cele mai

Tabelul 3.1. **Aliaje de duraluminui**

Compoziție	Limită de curgere (min) daN/mm²	Rezistența la rupere (min) daN/mm²	Standard	
			URSS (GOST)	SUA (ASTM)
Al Cu (2,5) Mg (0,5)	22	35	D1T	2017
Al Cu Mg (2)	31	42	D16	2024
Al Mg Si Cu	25	27	AD33	6061
Al Zn Mg Cu	51	55	W95	7075

solicitate la compresiune, în cazul deltaplanelor, sînt tuburile transversale, montanții trapezului și turnul. În zborul normal, turnul nu este solicitat.

3.4. Descrierea cadrului de rezistență

Pentru a lega între ele tuburile cadrului de rezistență, se folosesc îmbinări din tablă de oțel sau duraluminiu și șuruburi sau buloane. Ca exemplu, în fig. 3.3 se arată modul de realizare a botului unui deltaplan.

Plăcile de bot *PB* împreună cu șuruburile pivot *SP* respectiv șuruburile de fixare pe chilă *S* formează un cadru rigid de legătură între tuburile laterale *TL* și chilă *C*. Tuburile laterale se pot roti din poziția deschisă a deltaplanului pînă se alătură chilei ; unghiul de deschidere *u* este jumătate din „unghiul de bot". Pentru reducerea uzurii tuburilor laterale, se introduc șaibe cilindrice de distanțare *DI* între plăcile *PB* și tuburi. Forțele axiale, F_B de întindere a tuburilor laterale, se transmit prin intermediul șuruburilor și solicită plăcile de bot. În final, se produce un efect de compresie a chilei. Șuruburile — pivot, *SP*, sînt solicitate în dreptul îmbinărilor prin pereții orificiilor, cu perechi de forțe egale și opuse ($F_B/2$), numite *forțe de forfecare sau de tăiere* (detaliul *b* din figură). Solicitarea poate secționa corpul șurubului, așa cum se

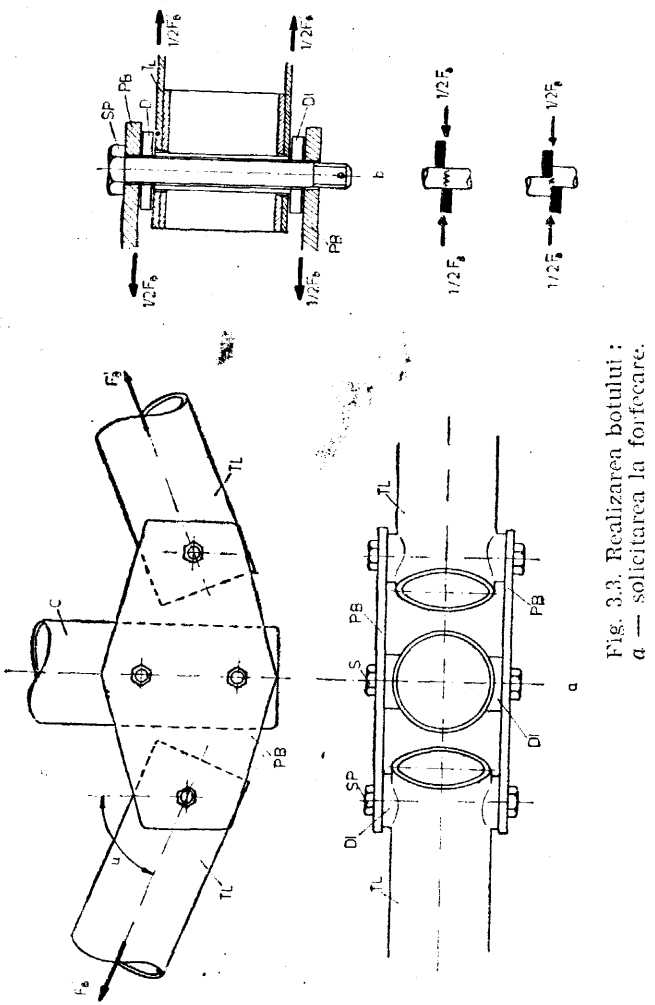


Fig. 3.3. Realizarea botului :
a — solicitarea la forfecare.

vede în detaliul *d*. Deoarece grosimea distanțierelor *DI* este mult mai mică decît diametrul șuruburilor, nu trebuie să luăm în considerație alte efecte ale acestor eforturi. La o forță dată, *solicitarea de forfecare se micșorează prin creșterea secțiunii forfecate a șurubului*. De asemenea, materialele cu rezistență la rupere ridicată, rezistă mai bine și la solicitările de forfecare.

Flexibilitatea cadrului de rezistență a deltaplanului se datorează proprietății tuburilor lungi din care este constituit, de a se arcui elastic prin încovoiere. *Solicitarea la încovoiere* este dată de momentul încovoietor al forțelor ce acționează asupra tuburilor. Să luăm de exemplu o țeavă de lungime l (fig. 3.4, *a*) și să o fixăm la un capăt într-o articulație B. La distanța a de punctul B se află un reazem L pe care se sprijină țeava. La capătul liber, în punctul C se aplică o forță oblică, F. Descompunem forța în componenta axială F_a și în componenta perpendiculară pe țeavă F_c. Sub acțiunea forței axiale F_a, țeava sprijinită în B este comprimată. Componenta F_c încovoaie țeava. În reazemele B și L apar reacțiunile R_B și R_L. Astfel, în raport cu punctul de sprijin L, țeava se încovoaie din dreapta datorită momentului forței F_i : $M_c = F_c b$, iar din stînga datorită momentului reacțiunii R_B : $B_B = R_B a$. Cele două momente, opuse ca semn se echilibrează în dreptul reazemului, de unde rezultă :

$$R_B = (b/a)\, F_C$$

Dacă reazemul L se află la mijlocul țevii, $b = a$ și $R_B = F_C$.

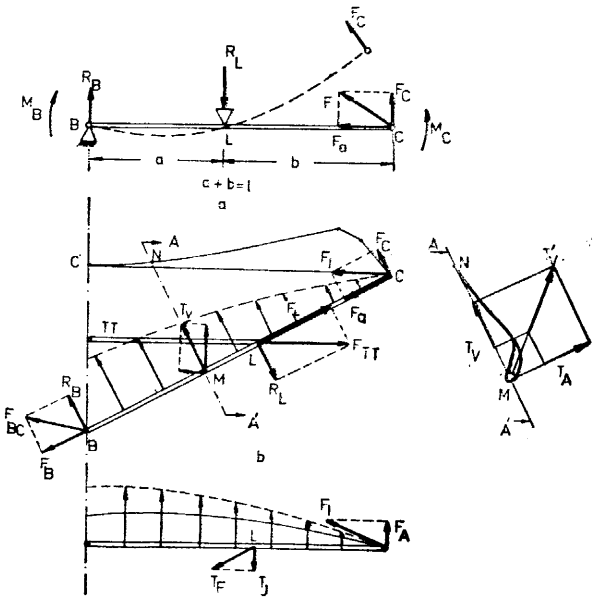


Fig. 3.4. Solicitările tubului lateral.

În mod evident, reazemul L trebuie să susțină cumpăna forțelor, adică $R_L = R_B + F_i$, avînd sensul opus acestora. Cea mai solicitată secțiune a țevii la încovoiere este în dreptul reazemului L. Cu cît ne deplasăm mai aproape de capete, „solicitarea la încovoiere" se micșorează. Eforturile ce apar într-o țeavă încovoiată pot fi reduse prin creșterea diametrului și grosimii pereților țevii. Dacă efectele încovoierii într-o anumită secțiune a țevii depășesc limita de elasticitate, țeava rămîne îndoită. Părțile deltaplanului, cele mai solicitate la încovoiere sînt tuburile laterale și lateurile din voalură.

Tuburile laterale sînt legate de structura de rezistență a deltaplanului în articulațiile din bot B și din nodurile laterale NL. Voalura umflată în zbor se întinde pe tubulatura laterală, situată în bordul de atac al aripii. Astfel, tuburile laterale sînt supuse la solicitări și tensiuni ce pot fi proiectate în componente axiale și normale la tub. O reprezentare schematică este dată în fig. 3.4, detaliul *b*. Reazemul din nodul lateral este asigurat de tubul transversal TT care proptește oblic tubul lateral, cu forța F_{TT}. Prin descompunerea forței F_{TT} în reazemul L obținem o componentă axială F_L și o reacțiune perpendiculară pe tub, R_L. La capătul C al TL este fixată voalura boltită în zbor. Tensiunea transmisă de voalura întinsă în punctul C, s-a notat cu F_i. Ea se orientează oblic în sus, tangențial la bolta voalurii (detaliul *c*). Prin descompunere rezultă o componentă verticală F_A, cu efect portant, o componentă axială F_a, cu efect comprimant și o compo-

nentă F_C, orientată perpendicular pe tubul lateral, cu efect încovoietor.

Articulația tubului *TL*, în bot *B*, asigură legătura cu chilă prin forța F_{BC} , avînd componenta axială F_B și componenta normală R_B. Componentele normale R_B, R_L și F_C acționează încovoietor asupra tubului *TL*, așa cum rezultă și din detaliul *e* fig. 3.4.

Este ușor de arătat că momentul încovoietor în această situație crește de la capete către reazemul din *L*, unde este maxim.

Componentele axiale F_B, F_L și F_a se echilibrează reciproc, adică : $F_B = F_L - F_a$.
Ca sens, forța F_B întinde *TL* între punctele *B* și *L*, în timp ce forța F_a produce comprimarea segmentului cuprins între *L* și *C*.

În afară de cele arătate, trebuie analizat efortul voalurii asupra tubului *TL* de-a lungul bordului de atac. Voalura fiind întinsă între bordul de atac și bordul de fugă, trage de tubul lateral cu o forță distribuită T_v, perpendicular pe *TL*, oblic în sus, așa cum se vede în secțiunea *A—A'* (fig. 3.4, detaliul *d*). Forța T_v se descompune în componenta verticală (în raport cu planul tubulaturii laterale) T_A, avînd efect portant — și în componenta T_v, avînd efect încovoietor distribuit asupra *TL*, în planul orizontal. Intensitatea forței T_v scade treptat de la mijlocul aripii către capete. Evident, atît componenta verticală cît și cea orizontală produc încovoierea tubului lateral în cele două planuri. Solicitării de încovoiere în planul vertical *i* se alătură și forța verticală F_A din capătul liber, *C*.

Forțele ce acționează în planul vertical ridică deltaplanul ; suma lor trebuie să învingă în permanență greutatea totală purtată în zbor de aripă, G_{TOT} . Cu alte cuvinte, $F_A + \Sigma T_A$ (de-a lungul bordului de atac $= \frac{1}{2} G_{TOT}$).

Forțele ce acționează în planul vertical, la capătul aripii, F_A și de-a lungul tubului lateral, T_A sînt preluate de cadrul de rezistență, în cea mai mare parte prin tensionarea firelor zburătoare. Astfel, în fig. 3.4 detaliul *c*, componenta F_J a tensiunii din firul lateral zburător T_F și

componenta verticală a legăturilor inferioare din bot și coadă, F_J (ambele fiind transmise la baza trapezului), compensează forțele portante aerodinamice, F_A — și suma tensiunilor T_A de-a lungul bordului de atac. Evident, considerînd forțele portante atît din partea dreaptă cît și din stînga, se explică susținerea greutății totale (pilot + deltaplan) în zbor.

Pentru a întări tubul lateral în jurul nodului *L*, unde momentul încovoietor rezultant este maxim, se mărește secțiunea acestuia introducînd o a doua țeavă de dublură în interiorul tubului lateral. În felul acesta se micșorează efortul pe unitatea de secțiune și, ca urmare, se reduce și deformația de încovoiere.

O atenție deosebită trebuie acordată realizării nodului lateral. În fig. 3.5 sînt arătate două soluții constructive. În cazul deltaplanelor de performanță, tubulatura transversă este încorporată în spațiul dintre extradosul și intradosul aripii, mîneca bordului de atac prelungindu-se pînă la 80% din profunzimea voalurii. Din această cauză și nodul lateral este integral acoperit de bordul de atac. Teșitura tubului transversal formează un „cioc de rață", ce se leagă de tubul lateral cu un șurub de oțel. Între cele două țevi se introduc două șaibe de plastic cu scaun cilindric, pentru mărirea suprafeței de așezare și posibilitatea pivotării. Firul zburător *FI* și firul de susținere *FS* se fixează de tubul transversal cu un al doilea șurub, prin intermediul unor eclise *E* din inox. Voalura înconjoară articulația laterală, bordul de atac racordîndu-se tangențial la teșitura tubului transversal. Firele traversează bordul de atac prin orificii făcute în voalură.

Deltaplanele de școală și antrenament au tubulatura transversală „la vedere", ea nefiind ascunsă în aripă. Tubul transversal se situează sub tubul lateral (fig. 3.5, *b*). Șurubul de legătură din oțel traversează cele două tuburi suprapuse, prinzînd la capete și eclisele firelor din nodul lateral.

Distanțarea tuburilor se asigură cu două șaibe cu scaun *DI*. În cazul acestei îmbinări pivotate, șurubul de legătură este expus la solicitări de încovoiere în cazul torsionării cadrului de rezistență, în primul rînd datorită

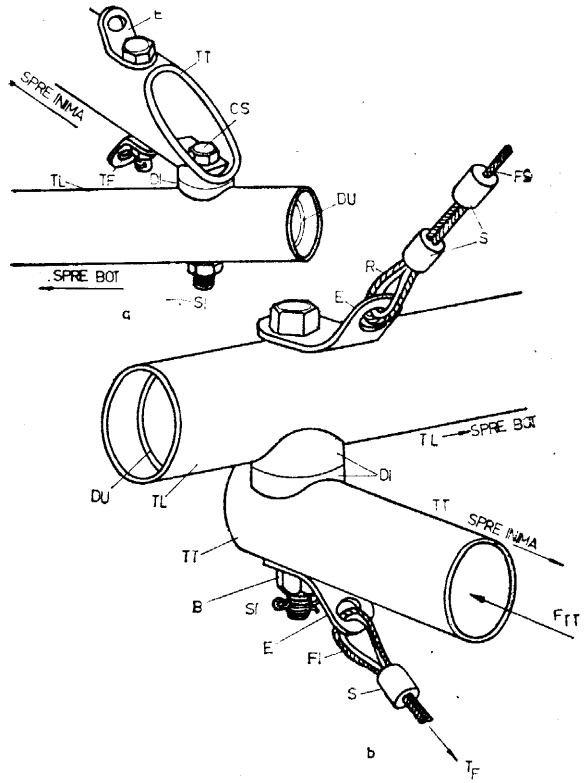


Fig. 3.5. Îmbinarea laterală :
a — cu cioc de rață ; *b* — soluția clasică.

nerespectării recomandărilor de montare-demontare date de constructor, sau cu ocazia șocurilor produse la aterizări nereușite. De aceea, șuruburile trebuie verificate periodic și înlocuite la nevoie.

Pe axa longitudinală se întinde chila (tubul central). În limitele exploatării normale, atît la sol cît și în zbor, chila nu este solicitată. Chila este solicitată și se poate deteriora numai dacă botul percutează mai puternic solul sau ca urmare a pendulării pilotului pînă la atingerea chilei, în cazul aterizărilor nereușite. De aceea, este absolut acoperitor dacă țeava chilei se ia de același diametru și material ca tubulatura laterală.

Pe chilă, în dreptul inimii, se montează turnul și trapezul. În fig. 3.6 se arată îmbinarea chilei cu trapezul și cu turnul. În dreptul îmbinării, țeava chilei este întărită prin *mufare interioară*. Mufa interioară este o bucată de țeavă care se potrivește fără joc în interiorul chilei. Materialul și grosimea peretelui mufei sînt identice cu cele ale chilei. Un *șurub central* străpunge chila pentru a lega *soclul turnului STU* și *soclul trapezului STR*. Deasupra chilei, soclul *STU* prinde cu un șurub transversal *piciorul turnului PT*, pe care se sprijină țeava turnului. În vîrful turnului, la circa 120 cm de soclu, se află capul, în care se încrucișează firele de susținere. Turnul se poate rabata în soclu spre coadă în starea demontată a deltaplanului.

Sub chilă, soclul trapezului, *STR*, prinde *cutia montanților CM* cu un *șurub-pivot SP*, tranversal, în așa fel

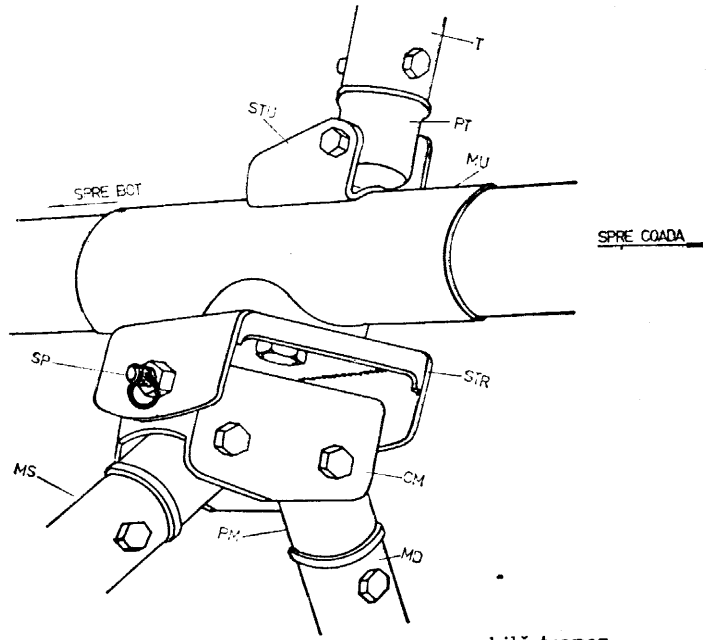


Fig. 3.6. Îmbinarea centrală turn-chilă-trapez.

încît articulația din cutia trapezului să permită o rotație de 90° a trapezului spre bot sau coadă, pentru a putea „culca" deltaplanul în poziție de parcare.

În cutia montanților *CM,* se prind montanții trapezului. Fiecare montant *MS, MD* are la extremitatea superioară cîte un picior *PM* din oțel inoxidabil cu perete subțire. Montanții coboară către nodurile trapezului unde se îmbină cu bara de control *BC*. Îmbinarea în *NBM* se face cu un *colier CO* așa cum se arată în fig. 3.7. Colierul prinde prin intermediul unui șurub o brățară *BR* pentru a lega cele trei fire zburătoare, dinspre bot, nod lateral respectiv coadă. Firele zburătoare fiind întinse în timpul zborului, *montanții sînt comprimați* și apasă în suportul *STR*. În schimb, bara de control este solicitată la o ușoară întindere. Solicitările devin considerabil mai mari în șocurile provocate la aterizările nereușite. Montanții se îndoaie în asemenea situații de forța de inerție a corpului pilotului. Pentru a reduce efectele atingerii mai brutale a solului cu partea inferioară a trapezului — eveniment posibil mai ales în zborul începătorilor — se impune montarea de roți *RO* pe bara de control (fig. 3.8). Avînd un diametru exterior de 15—20 cm, roțile protejează de asemenea și degetele care rămîn încleștate pe bara de control. Pentru ca roțile să nu se deplaseze de-a lungul

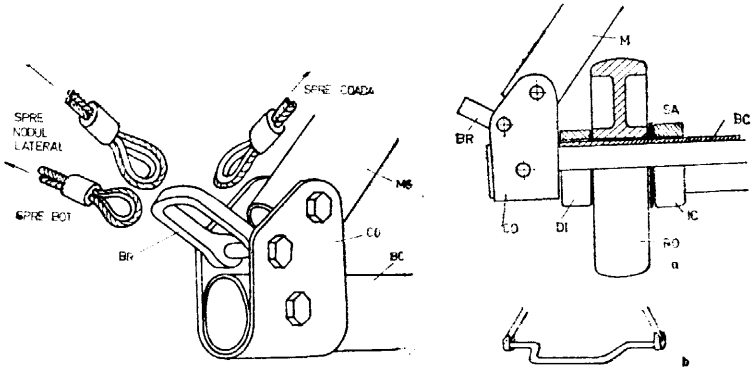


Fig. 3.7. Nodul montan — bară de comandă.
Fig. 3.8. Roata de rulare.

barei, este suficient să fie încadrate între *distanțoare DI* de plastic către colierele *CO* și *șaibe SA* către *inelele de cauciuc CA* strînse pe țeava barei de control. Este de dorit ca bara de control să nu fie găurită decît la extremități, pentru a nu crea vîrfuri de solicitare la încovoiere ce se poate produce în contact cu solul (mușuroaie, pietre, denivelări). Deltaplanele de performanță au bara de control îndoită în formă de liră, denumită *bară de viteză,* așa cum se vede în fig. 3.8, *b*. Această formă avantajează atît alergarea la sol cît și elongația barei în profunzime, respectiv unele schimbări ale poziției mîinilor în timpul zborului de durată. De asemenea, bara de viteză este adecvată remorcajului din mosor cu două corzi terminale și declanșator dublu.

Dimensiunile montanților și ale barei de control sînt de circa 160 cm fiecare, încît trapezul rezultă de forma unui triunghi echilateral.

Trecînd pe chilă în dreptul bordului de fugă al aripii se găsește nodul din coada chilei, *NCC*.

În fig. 3.9 s-au reprezentat detaliile acestui nod. Aici se fixează firul de susținere *FS,* ce vine din vîrful turnului și firele zburătoare *FI* către capetele barei de control. De asemenea, în *NCC* se fixează voalura, prin capătul mînecii chilei.

Un șurub principal străpunge pe verticală țeava chilei pentru a fixa *soclul superior SS* și *soclul inferior SI*. Firul de susținere *FS* face o buclă peste *un scripete SC* ce se fixează în *dublul articulator DA* printr-un bolț sau un nit *B*. Dublul-articulator se leagă de soclul superior *SS* printr-un șurub *S*. Șurubul permite demontarea legăturii superioare.

Firele zburătoare *FI* se leagă de *eclisa dublă E*. La rîndul ei, *E* articulează în dublul-articulator *DA* în jurul nitului *N*. Dublul-articulator se prinde în soclul inferior printr-un șurub demontabil. Tot în soclul inferior se prinde *ancora mînecii A*. Dinții ancorei *D* se introduc în crestăturile soclului inferior *CR,* iar șurubul demontabil menține placa ancorei în căușul soclului. O panglică cusută de mîneca voalurii este trecută prin urechea ancorei *U*. Șuruburile demontabile trebuie siguranțate.

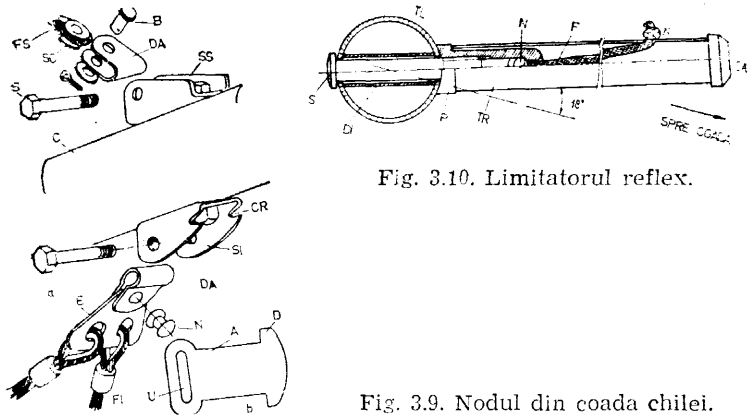


Fig. 3.10. Limitatorul reflex.

Fig. 3.9. Nodul din coada chilei.

Aproape de capetele de aripă sînt amplasate limitatoarele reflex, cu rol redresor din picajul accentuat. În fig. 3.10 se arată construcția limitatorului.

Tabelul 3.2. **Tubulatura cadrului de rezistență**

Nr. crt.	Denumire	Simbol	Total buc.	Dimensiuni aproximative, mm		
				Diametru mm	Petrete, mm	Lungime, mm
1.	Tub lateral	TL	2	40...45 (M)	2...1,25	5500...6000
2.	Chilă	C	1	40...45	2...1,25	3500...4500
3.	Tub transversal	TT	2	40...45 (M)	2...1,25	2500...3200
4.	Montanți	M	2	25...30	2...1,5	1400...1600
5.	Bară de control	BC	1	25...30	2...1,5	1400...1600
6.	Turn	T	1	25...30	2...1,5	1200...1400
7.	Limitator	LR	2	16...20	1,5...1	800
8.	Lateu	—	8-16	10	1	Profunzime
9.	Dublură TL	—	2	36...42	2...1,25	2500
10.	Dublură TT	—	2	36...42	2...1,25	1800
11.	Mufă exterioară :					
	— nod lateral	—	2	44...50	2...1,25	250
	— Inimă	—	1	44...50	2	250

Un *șurub-pivot* *S* străpunge tubul lateral *TL* și fixează piciorul limitatorului *P*. O țeavă de duraluminiu *TR* pornește de pe piciorul *P* spre înapoi, oblic în sus, pînă în dreptul bordului de fugă al aripii. Un dop *CA* închide capătul tubului. Tubul este menținut pe piciorul limitatorului datorită unui fir elastic *F* întins între nodurile *N* de la extremități. Trăgînd de tub, acesta iese de pe picior și se poate rabata de-a lungul tubului lateral. În poziție statică, voalura se sprijină pe tubul limitatorului. În zbor normal, voalura este puțin ridicată deasupra tubului.

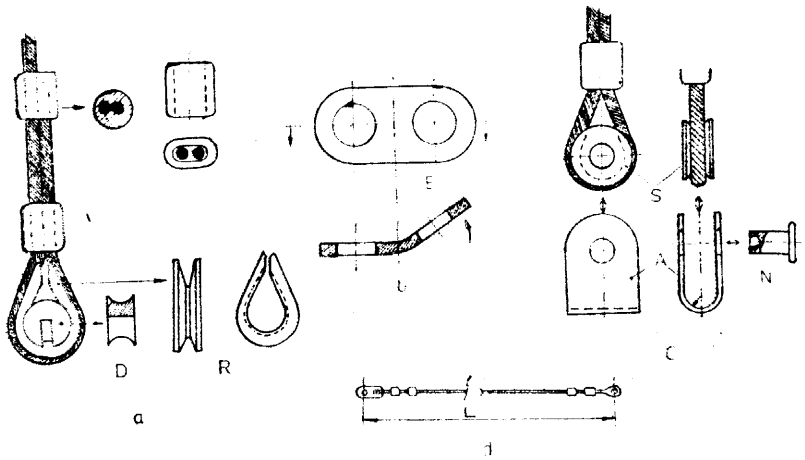
După ce s-a văzut modul de realizare a cadrului de rezistență, se poate întocmi un tabel cu tubulatura unui deltaplan, indicînd și dimensiunile geometrice tipice (tabelul 3.2). Materialul tuburilor trebuie să aibă cel puțin calitățile de rezistență arătate în tabelul 3.2.

3.5. Cordajul

Pe lîngă tubulatura de duraluminiu, cordajul firelor de oțel definește rezistența cadrului deltaplanului. Cordajul este constituit din fire de susținere (superioare) și fire zburătoare (inferioare). O coardă este caracterizată de tensiunea maximă admisibilă, lungimea și secțiunea sa, precum și de tipul și forma pieselor terminale, de legătură cu nodurile de rezistență ale cadrului.

Tensiunea maximă pe care o poate suporta o coardă depinde de materialul oțelului folosit, de diametrul și numărul toroanelor (firelor) și modul lor de răsucire laolaltă. Se utilizează oțeluri aliate, iar suprafața firelor este galvanizată pentru protecție la agenți corosivi. Se utilizează și oțeluri inoxidabile. La capete, coarda este întoarsă în buclă. Bucla este întoarsă peste rodanta de inox *R*. Legarea buclei la capete se face prin *sertizare*. Sertizarea reprezintă un nod realizat prin presarea laolaltă a corzilor cu un inel metalic (tub sertizor, *TS*).

În fig. 3.11, detaliul *a*, se arată un capăt de coardă dublu sertizat. Inelul de sertizare *IS* se confecționează din aluminiu moale (99% Al) sau din cupru. Lungimea și celelalte dimensiuni se corelează cu diametrul corzii pe care se aplică. Presarea se execută cu un dispozitiv spe-



Figș 3.11. Detalii privind cordajul.

cial (fig. 3.11, detaliul *b*). Încercările de rezistență la rupere arată că, folosind două sertizări, cablul se rupe întotdeauna în afara intervalului dublu sertizat. Cablurile folosite în construcția deltaplanelor au structura de 6×7 sau 6×19 fire de oțel răsucite între ele. Diametrul exterior se ia între 2,5 și 4 mm, și anume : firele de susținere (superioare), în jur de 2,5 mm ; firele zburătoare (inferioare), între 2,6 și 3,2 mm ; firele de deschidere a aripii, în cazul deltaplanelor fără tubulatură transversală, în jur de 4 mm ; cablul de întindere al transversalului flotant, de $2\times2,6$ mm.

Bucla de întoarcere se leagă de eclisă. Eclisa este o placă de oțel inoxidabil de circa 2 mm grosime, cu 2 orificii (fig. 3.11, detaliul *c*). Pentru ca rodanta să nu se frîngă la efort, se introduce un dop *D* din material plastic, avînd forma unui scripete despicat. O altă variantă de prindere a capătului cablului este arătată în fig. 3.11 detaliul *b*. În locul rodantei bucla se întoarce pe un scripete metalic *S* care se fixează în articulatorul cu două axe de pivotare *A*, prin intermediul unui nit sau bolț siguranțat, *N*. În detaliul *e*, se vede modul de măsurare a lungimii unui fir de cordaj.

3.6. Șuruburile

Șuruburile folosite sînt elemente principale de rezistență în îmbinările și nodurile cadrului deltaplanului. Prin alegerea soluțiilor constructive, șuruburile sînt solicitate mai ales la forfecare și la încovoiere ; în mică măsură, apar și solicitări de întindere. Materialul folosit la confecționarea șuruburilor este oțelul aliat, eventual inoxidabil, avînd cel puțin 85 daN/mm^2 rezistență la rupere. Prelucrarea mecanică trebuie să fie făcută cu grijă. Piulițele, confecționate din același material ca și șuruburile, se asigură cu elemente de siguranțare contra deșurubării întîmplătoare. În acest scop, piulița de oțel poate avea un guler crestat care se strînge elastic pe filetul șurubului, sau poate avea un inel de plastic încorporat (piulițe autostop). Lungimea șurubului se definește în raport cu elementele ce se leagă între ele. *Partea filetată nu este permis să pătrundă în orificiu* sau în secțiunile solicitate la forfecare. Diametrul șuruburilor se alege în funcție de solicitările maxime ce pot apărea în timpul utilizării deltaplanului. Pe baza calculelor, confirmate de experiența acumulată în cele peste 2 decenii de activitate practică s-a ajuns la utilizarea următoarelor diametre : — șuruburile principale din nodurile laterale, bot, inimă, au diametrul de 8 mm ; șuruburile de asamblare a trapezului și de fixare a cordajului, 6 mm diametru.

3.7. Voalura

Voalura se confecționează dintr-o țesătură de fire sintetice (poliester), presată la cald și impregnată pentru lustruire și reducere a deformabilității pe diagonală. Aspectul materialului textil aduce mai mult cu o folie decît cu o pînză. Materialul prezintă o rezistență mecanică deosebită, nu este higroscopic, în schimb se alterează prin expunere îndelungată la lumina solară directă (ultravioletă). În funcție de firul folosit, desimea țesăturii și impregnare, materialul cîștigă o greutate oarecare pe metru

pătrat. Pentru deltaplane, se utilizează pînze cu masa specifică de 130 ... 180 grame/m^2.

În fig. 3.12 se arată desenul unei jumătăți de aripă. Bordul de atac *BA* între punctele *CG*, capătul aripii, între *G* și *I*, bordul de fugă *BF*, între *I* și *H* desenează aripa în proiecție. Deoarece în zbor voalura se boltește sub acțiunea forțelor aerodinamice, conturul croit al voalurii se trasează peste bordul de atac. Lățind tiparul voalurii față de conturul aripii se obține o *revărsare*, notată cu *RE*. Determinarea revărsării se face în proiectare, pentru a obține boltirea voalurii (tunelul). Bolta aerodinamică optimă *BV*, este arătată în fig. 3.12, de ex. pe linia *AB*, trasată la prima treime a profunzimii. În vederea din față se constată că arcul *AB* are o lungime *A'B*, cu segmentul *A'A* mai mare decît proiecția sa pe orizontală. În același mod se procedează și pe alte intersecții cu bolta voalurii și se determină revărsarea pe toată deschiderea bordului de atac, așa cum rezultă și pe linia arcului *GH*, ce se curbează peste semianvergură, din capătul aripii și pînă pe axa longitudinală. Desigur proiectantul trebuie să țină

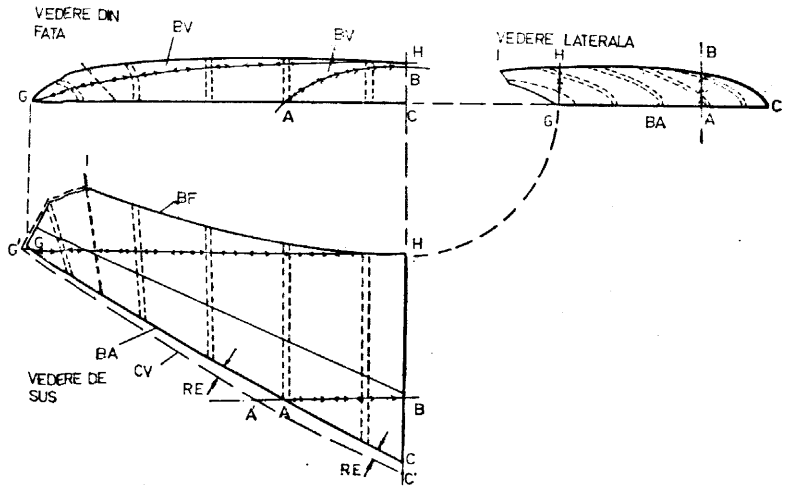


Fig. 3.12. Boltirea aerodinamică a voalurii.

seama și de elasticitatea și deformabilitatea țesăturii utilizate.

Pînza de poliester se livrează cu lățimea țesăturii de 1,5 m. Confecționarea voalurii presupune o asamblare prin coasere din părți croite separat. În fig. 3.13 se arată două moduri de realizare.

În detaliul *a*, voalura se întrunește din panouri așezate paralel cu axa longitudinală (chila). Sensul urzelii (în lungul țesăturii) s-a indicat cu săgeți *SU*. În lungul bordului de atac, în partea din față a aripii este cusută o mînecă în care intră tubul lateral. Această parte se coase din două fîșii transversale lungi : — intrados față, *IDF* și extrados față, *EDF*. Mîneca se coase de panourile P_1 ... P_6 pe marginea *NM*. Îmbinările panourilor în profunzime servesc și la confecționarea tecilor pentru lateuri.

În detaliul *b*, voalura se asamblează pe toată profunzimea sa numai din fîșii transversale. Mîneca se întinde pe o adîncime mai mare, formînd un profil aerodinamic îmbunătățit. Din acest motiv, fîșia de intrados, *IDF*, acoperă 60 ... 80% din suprafața portantă. Realizarea voalurii din fîșii transversale este mai rezistentă, în schimb reclamă o proiectare exigentă a croiului pentru a obține o boltire cu profil aerodinamic.

Pentru executarea tăieturilor, în loc de foarfece se utilizează o lamă fierbinte. La o temperatură mai ridicată de 200°C, poliesterul se înmoaie și se despică.

Cusăturile pentru asamblarea voalurii trebuie executate cu o mașină de cusut *în zig-zag*, folosind o ață din același material ca și pînza, adică de poliester. *Ața de cusut* este caracterizată atît de grosimea firului cît și de felul cum este răsucită. În industria textilă se indică pe lîngă natura materialului și o caracteristică legată de grosime, prin acea lungime de fir (exprimată în metri) care pusă pe o balanță, cîntărește 4 grame (de ex. 26 m). Se mai indică și cîte mănunchiuri sînt răsucite laolaltă (de exemplu, 3 toroane). În exemplul de mai sus, ața va fi notată : „Poliester, 26/3".

Acul de cusut trebuie să aibe grosimea suficient de mare pentru a face loc ței prin materialul compact al țesăturii. Acul trebuie să aibe vîrful rotunjit, pentru a

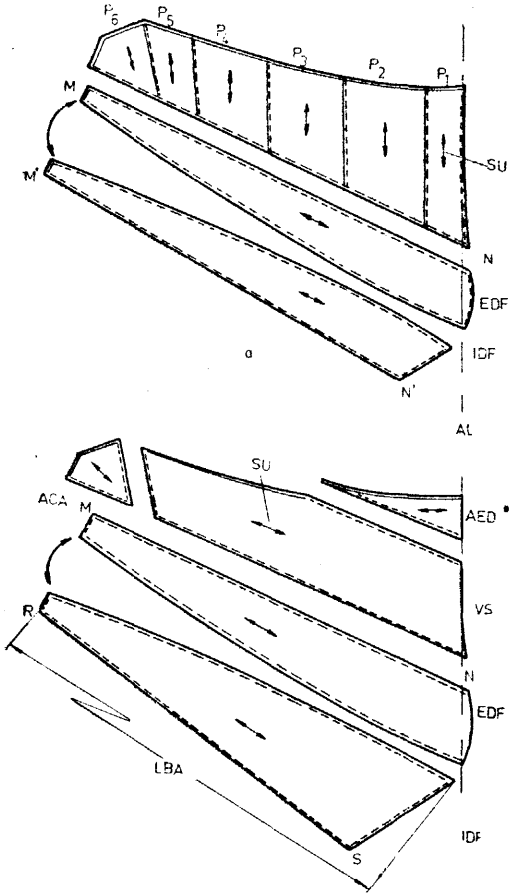


Fig. 3.13. Asamblarea voalurii :
a — din panouri în profunzime ; *b* — din fîșii tranversale.

nu străpunge firele de țesătură. Un ac cu vîrful lovit sau rupt, taie firele atunci cînd pătrunde în țesătură slăbind materialul de-a lungul cusăturilor.

În fig. 3.14 se dau exemple de asamblare prin cusături în zig-zag. În detaliul *a*, bordul de fugă *BF* în dreptul unei teci de lateu *TL* se coase în următoarea ordine : se

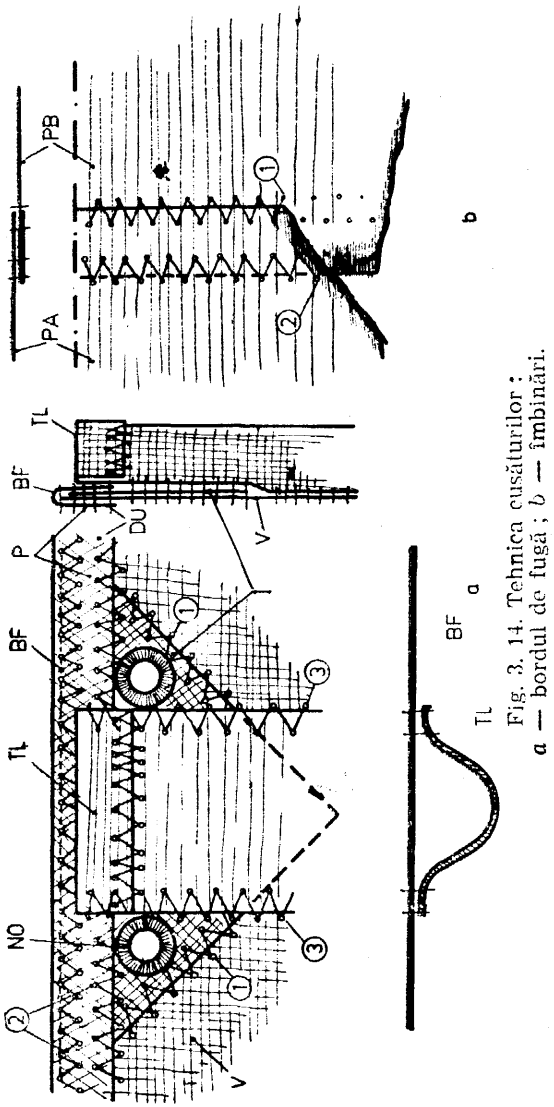


Fig. 3.14. Tehnica cusăturilor :
a — bordul de fugă ; *b* — îmbinări.

așează triunghiurile de întărire *I*, cu ipotenuza peste marginea voalurii *V* și se execută cusăturile *l* ; — se aplică panglica de întărire *P* îndoită pe din două pe toată lungimea *BF* și se coase pe două rînduri *2* ; — se fixează fîșia *TL* cu ace pe linia trasată în prealabil cu cretă și se fac cusăturile *3*. Inelele de trecere *NO* se nituiesc la urmă, după străpungerea făcută cu un tub metalic cu perete subțire, de diametru corespunzător, bine încălzit.

În detaliul *b*, se arată modul de îmbinare a două panouri, P_A și P_B. Panourile se suprapun pe o lățime de 12 ... 15 mm, se întind în mod egal și se prind în ace ; apoi se execută cusătura *1*. Se scot acele, se întoarce pe cealaltă față și se trage cusătura *2*. *Pasul și lățimea cusăturii* în zig-zag se iau de cel puțin 3,5 mm.

Trebuie subliniat faptul că realizarea voalurii reprezintă partea cea mai delicată în construcția unui deltaplan. Numai un constructor cu experiență și avînd tipare de croit verificate poate executa o voalură de bună calitate. Voalura întinsă pe cadrul de rezistență trebuie să stea fără cute sau falduri, urmărind pe toată lățimea forma profilului aerodinamic imprimată de lateuri.

3.8. Echipamentul individual de zbor

În timpul zborului, pilotul este atîrnat de deltaplan prin intermediul unui echipament de suspendare, așa cum se vede în fig. 3.15, în poziție culcată înainte, cu fața în jos.

Pilotul trebuie să poarte o îmbrăcăminte comodă, care să-i acopere brațele și picioarele, încălțăminte cu talpă aderentă la terenul înierbat și care să protejeze gleznele. Casca de protecție *CP*, de motociclist, trebuie să aibe orificii deschise în dreptul urechilor. Pe mîini, se trag mănuși.

Echipamentul de suspendare se compune dintr-o saltea *SA*, ce susține corpul pilotului, cel puțin în intervalul torace-șolduri, ca în figură. Există echipamente cu salteaua întinsă pînă sub tălpi. Atîrnarea se face printr-o

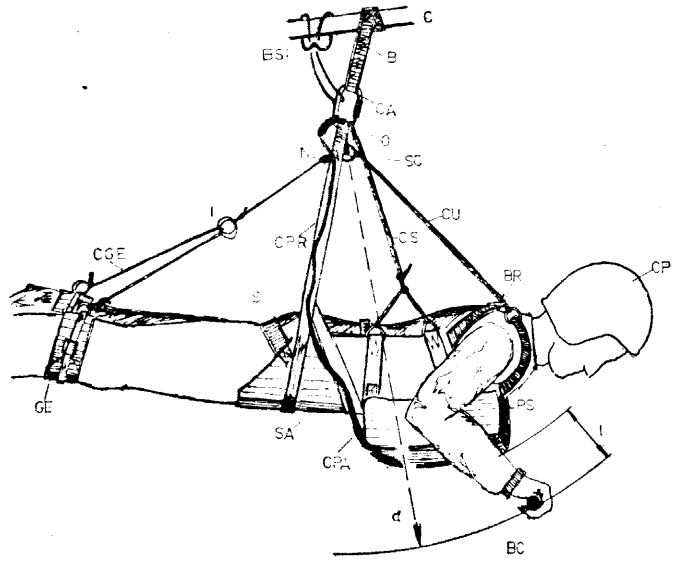


Fig. 3.15. Echipamentul individual de zbor.

carabinieră *CA*, prin care trece cordonul principal *CPR*, cordonul secundar CS, și bucla cordonului parașutei de salvare, *CPA*. Tot de carabinieră se fixează și un scripete *SC*, peste care trece o coardă de unire *CU* a bretelelor *BR* cu genunchierele *GE*. Genunchierele sînt legate printr-o coardă *CGE* trecută prin inelul *I*. Carabiniera se fixează în bucla de suspendare *B*, legată de chilă. Suplimentar, se face o asigurare cu o buclă de siguranțare *BSI*. Bucla de suspendare susține carabiniera deasupra barei de control *BC*, la o *distanță standard*, $d = 120$ cm. Lungimea corzilor de susținere *CPR* și *CS* se reglează astfel încît între buzunarul parașutei de salvare *PS* și bara *BC* să existe un ecart *e*, de aproximativ 10 ... 15 cm.

Echipamentul de suspendare permite pilotului să stea și în poziție ridicată, în faza decolării prin alergare sau aterizării normale, în picioare. În aceste situații, greutatea pilotului este susținută numai de *CPR* prin scaunele *S*, petrecute sub fesieri. Cordonul *CGE*, trecut prin *I*, per-

mite alergarea la sol. În timpul zborului, răsturnarea pilotului în poziție orizontală distribuie greutatea sa și pe *CS* și *CU*. Pentru oprirea în poziție corectă, pe cordonul *CU* există un nod *N*, ce se lovește de scripete atunci cînd bretelele *BR* susțin umerii la orizontală. La unele echipamente, bucla *B* și cordonul *CPR* sînt confecționate din corzi.

Normele de securitate a zborului prevăd rezistențe deosebit de mari pentru elementele echipamentului individual. Astfel, cordoanele (corzile) *CPR* și *CPA* precum și carabiniera *CA* trebuie să reziste la o sarcină maximă de 2 000 daN (o greutate de aproximativ 2 tone).

Confecționarea buclelor de atîrnare și reglarea distanței și ecartului față de bara de control reclamă cunoașterea temeinică de către fiecare pilot a executării corecte de noduri sigure. În fig. 3.16 se arată nodurile recomandate pentru corzi. În detaliile *a* și *b* se indică tehnica legării corzii de inele sau bare. Nodul din *a*, se poate desface cu ușurință. Capătul liber al corzii trebuie să fie suficient de lung pentru a nu putea intra în nod. În detaliul c, se arată cum se leagă două corzi. Orice alt nod, și în primul rînd „nodul țesătorului" sînt contraindicate, fiindcă se pot desface de la sine.

În cazul chingilor, legăturile se fac prin coasere. (Numai chingile tubulare înguste pot fi eventual înnodate). Cusăturile pe chingi se execută cu pasul drept, urmînd modelele din fig. 3.17. Orice alt traseu de cusătură și în primul rînd cusăturile transversale, slăbesc inutil rezistența la rupere a chingii. Ața folosită la cusături trebuie să fie cu atît mai groasă, cu cît chinga este mai robustă. În detaliul *a*, cusătura se trage în linii drepte simplu intersectate, de lungime cel puțin egală cu lățimea chingii, *L* ; se obțin astfel cîte *5 puncte de întoarcere* la capete. În detaliul b, liniile cusăturii avînd 3 puncte de întoarcere, se intersectează pe trei nivele echidistante. Dacă chinga se fixează de o cataramă (detaliul c), avînd diametrul *D*, cusăturile se fac la o distanță mai mare, de circa 10*D*, pentru a nu despica îmbinarea, prin ruperea aței de cusut.

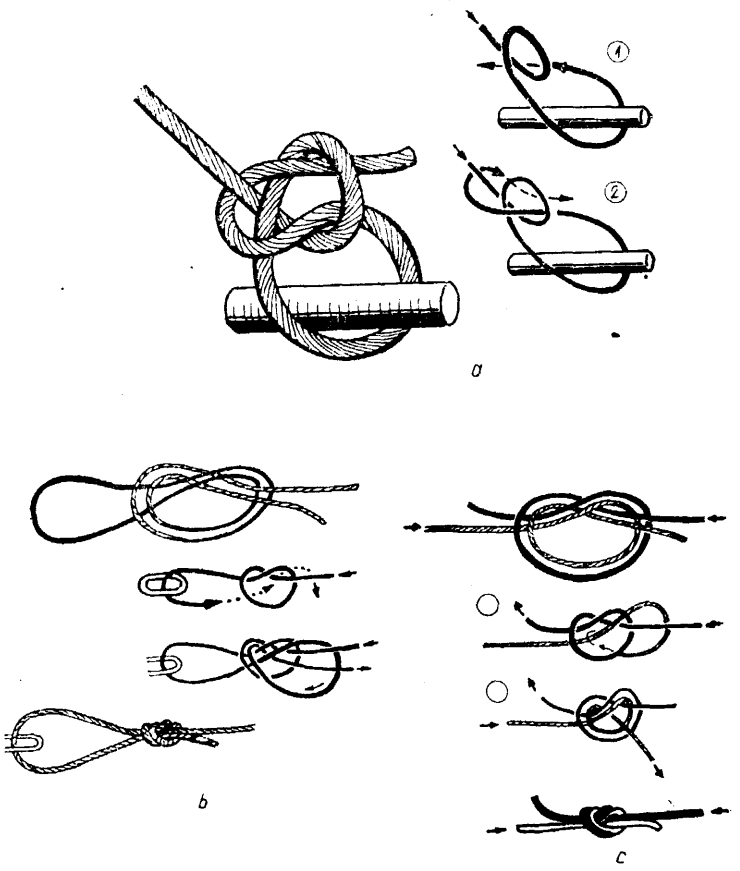


Fig. 3.16. Legarea corzilor.

3.9. Controlul

În încheierea descrierii constructive a deltaplanului, se subliniază faptul că realizarea trebuie să satisfacă atît cerințele privind *calitățile de zbor*, aerodinamice și de stabilitate, cît și garanțiile de *rezistență mecanică* la suprasarcinile prevăzute în normele de proiectare. În această

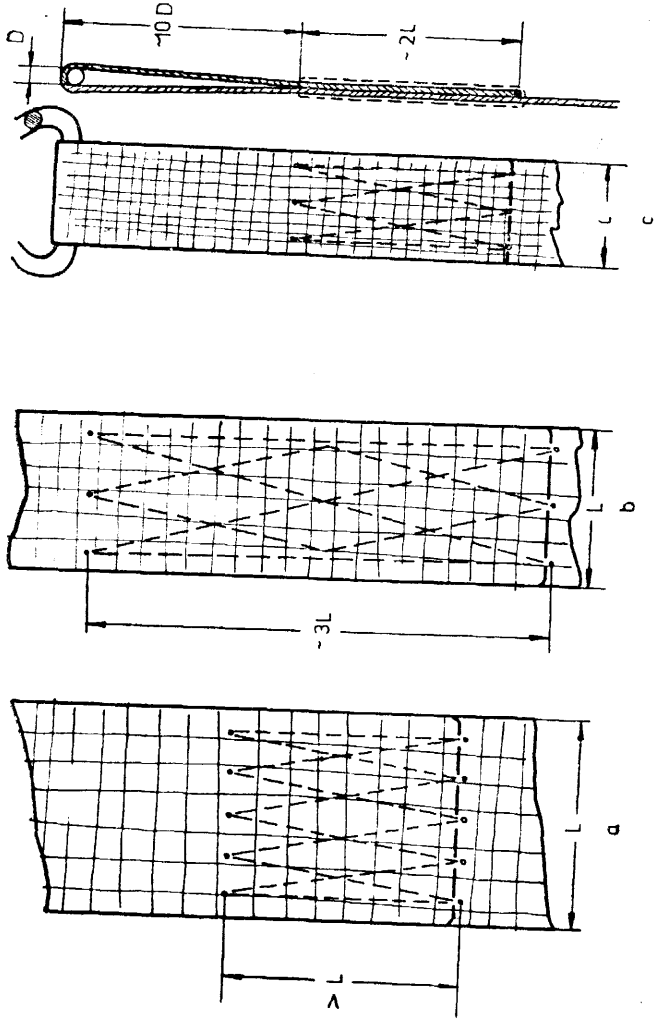


Fig. 3.17. Cusături recomandate pentru chingi.

privință, toate elementele constructive se dimensionează atît de robust încît deltaplanul să reziste fără deteriorări la *solicitări de 6 ori mai mari* decît cele ce apar în zborul liniștit, cu încărcătură normală. Pentru a controla aceasta, un deltaplan nou construit este supus la *teste de suprasarcină,* fie prin încărcarea statică, distribuită a voalurii cu săculețe de nisip totalizînd 600 kg, fie prin deplasarea deltaplanului cu viteză mare pe un vehicul de încercare dinamică la suprasarcină. În același mod se încearcă și robustețea în zborul „pe spate", cu o solicitare de 3 ori mai mare decît sarcina normală.

Nenumărate experiențe au arătat că rezistența mecanică a deltaplanului nu lasă de dorit, dacă se respectă următoarele :

— totalitatea materialelor folosite în construcție corespunde calitativ prevederilor din proiect (rezistență la rupere, limită de elasticitate, omogenitate, lipsa unor defecte de material etc.) ;

— se respectă dimensiunile geometrice și cotele de proiectare, inclusiv cele menționate în prezentul capitol ;

— prelucrările mecanice, de fabricație, corespund din punct de vedere tehnologic (se utilizează mașini-unelte și scule adecvate) și personalul tehnic prezintă competență profesională la nivelul cerințelor.

4 ZBORUL PLANAT

4.1. Introducere

Practicarea deltaplanismului necesită atît terenuri potrivite pentru decolare și aterizare, cît și un spațiu aerian în care să se desfășoare evoluția în zbor.

Locul decolării și locul aterizării reprezintă *terenul de zbor*. La verticala terenului de zbor se află *zona de lucru*.

În activitatea aviatică sportivă, decolarea și aterizarea se fac de regulă pe un teren delimitat, numit *aerodrom*, pe care se află clădirile și instalațiile aferente întregii activități (comandament, servicii, hangare etc.). Zona de lucru deasupra aerodromului sportiv se întinde pe o rază de cîțiva km și se înalță ca un cilindru pe verticală, asigurînd o protecție deplină întregului program de zbor. Aerodromul este nivelat, pentru a permite rularea pe roți la vitezele relativ mari necesare decolării și revenirii la sol. Ridicarea în zbor a avioanelor fără motor se face de pe aerodrom prin tractare. Cablul de tracțiune agățat în botul planorului este tras fie de un avion remorcher, fie este înfășurat cu repeziciune pe un tambur rotitor, fixat pe așa numitul „mosor" staționar, echipat cu un motor puternic. Soluțiile enumerate pot fi aplicate și în cazul deltaplanelor, care pot fi ridicate la înălțime prin tractare cu un deltaplan motorizat sau cu ajutorul unor mijloace staționare sau mobile situate la sol.

4.2. Terenul de zbor la pantă

Faptul că deltaplanul — de greutate redusă — poate fi transportat în stare demontată la deal și că viteza necesară la decolare poate fi imprimată prin alergarea

pilotului purtînd deltaplanul pe umeri, face posibilă lansarea în zbor de la înălțimea unui deal sau versant muntos și aterizarea în vale pe un teren lipsit de obstacole. Locul decolării și aterizării nu necesită amenajări, iar utilizarea temporară a terenurilor de pășunat nu cauzează pagube. Organizarea zborului la pantă stă la baza inițierii și perfecționării piloților deltaplaniști. De asemenea, în condiții favorabile de teren și vînt, panta de zbor oferă posibilitatea realizării unor zboruri de durată, pentru perfecționare și performanțe sportive.

Terenurile de zbor la pantă se clasifică în raport cu posibilitățile pe care le oferă practicării deltaplanismului :

a) *teren de școală*, lipsit de obstacole, înierbat, are prima parte înclinată, ce coboară uniform către platforma de la baza pantei, deschisă, netedă și cît mai orizontală, ce servește pentru aterizare ;

b) *teren pentru perfecționare*, de întindere mai largă, oferă posibilitatea efectuării zborurilor la înălțimi suficiente pentru executarea virajelor și altor evoluții compuse, cu locuri de aterizare sigure, abordabile din orice situație de zbor ;

c) *teren pentru performanță*, cu diferențe de nivel mari, acoperind o zonă de lucru întinsă, ce oferă posibilitatea efectuării unor zboruri de durată, eventual cu deplasări de-a lungul unor trasee de urmat, pentru realizarea unor performanțe sportive, organizarea unor competiții, stabilirea unor recorduri etc.

Obstacolarea terenurilor pentru perfecționare și pentru performanță nu este restrictivă, dacă survolarea obstacolelor este posibilă la înălțimile de siguranță prevăzute în reglementări.

Terenurile și zonele potrivite pentru organizarea și desfășurarea zborurilor cu deltaplane pot fi exploatate numai cu *aprobarea autorității aeronautice civile* și se omologhează pentru zbor în conformitate cu reglementările în vigoare.

4.3. Clasificarea zborurilor

Zborurile cu deltaplanul au diferite caracteristici, ce pot fi tratate sistematic pe baza unor criterii de clasificare.

Un prim criteriu este *scopul* urmărit. Din acest punct de vedere, zborul poate servi : *1)* pentru pregătirea și perfecționarea sportivului (școală și antrenament) ; *2)* pentru calificarea pilotului (examinare, brevetare, selecție) ; *3)* pentru agrement ; *4)* pentru realizarea de performanțe sportive ; *5)* pentru controlul tehnic al deltaplanului (periodic, sau pentru încercarea noilor tipuri).

Un alt criteriu de clasificare al zborurilor este *înălțimea atinsă* față de sol, și anume : *1)* zbor razant, ce se desfășoară la cel mult 50 m față de sol ; *2)* zbor la joasă înălțime, la cel mult 300 m față de sol ; *3)* zbor de înălțime, în funcție și de condițiile naturale favorabile cîștigului de înălțime, peste 300 m față de sol.

În raport cu *sursa energetică* utilizată, deltaplanul fără motor execută : *1)* zbor planat, avînd la bază exclusiv energia potențială gravitațională dobîndită prin ridicarea la diferența de nivel inițială ; *2)* zbor remorcat (tractat) ; *3)* zbor plutit, cînd se utilizează cu măiestrie rezervele nemăsurate de energie ale mediului înconjurător (vînt, aer încălzit) pentru prelungirea duratei de zbor și cu cîștig de înălțime.

4.4. Tehnica pilotării în zborul planat

În continuare se va analiza zborul planat, ca evoluție tipică în faza de inițiere în tehnica pilotării deltaplanului. Se înțelege prin tehnica pilotării ansamblul comenzilor, manevrelor și procedurilor ce trebuie cunoscute și aplicate de către pilot pentru executarea corectă a zborului în orice situație posibilă. Tehnica pilotării se sprijină pe o sumă de cunoștințe sistematizate : principiile fizice ale zborului, meteorologice, aerologice, solicitări mecanice ale deltaplanului etc. Învățarea pilotării deltaplanului se face metodic, sub îndrumarea unui instructor de

zbor. După însușirea cunoștințelor și deprinderilor fundamentale necesare pilotării, elevul pilot este examinat și brevetat *„pilot deltaplanist categoria A"*.

Instructorul de zbor are datoria ca, din prima ședință practică să obișnuiască viitorii deltaplaniști cu totalitatea deprinderilor necesare pentru garantarea unei depline securități în practicarea acestui sport. În acest sens, elevul va aplica întotdeauna întreaga schemă a pregătirii pentru executarea unui zbor, chiar dacă este vorba numai de o simplă alergare la sol. Schema conține următoarele operații : *1)* se stabilește tema de zbor ; *2)* elevul declară că dorește să execute tema și că se simte apt din toate punctele de vedere (nivel de pregătire, condiția psiho-fizică etc.) ; *3)* elevul controlează starea deltaplanului ; *4)* se echipează pentru zbor ; *5)* se acroșează de deltaplan ; *6)* face *controlul atîrnării ; 7)* raportează cu voce tare că este *pregătit pentru zbor.*

În mod evident, orice zbor poate fi considerat ca fiind compus din trei părți : decolare, evoluție și aterizare. Dacă evoluția în zbor cuprinde o gamă extrem de largă de varietăți, de la zborul în linie dreaptă pînă la temele complexe ale zborului de performanță, decolarea și aterizarea reclamă din partea pilotului, pe orice treaptă a pregătirii sale, aplicarea unor proceduri de la care nu există abatere. Decolarea și aterizarea, ca început și sfîrșit al fiecărui zbor, se învață simultan în prima fază de instruire.

Ca să se simplifice lucrurile, în primele ședințe practice se va lucra într-o atmosferă calmă, liniștită. În acest caz se poate considera că mediul aerian este imobil, vîntul nu bate, există cel mult o adiere ușoară, avînd orientarea din față.

Învățarea decolării și aterizării este precedată de *exerciții de alergare* cu deltaplanul, în echipament de zbor, pe terenuri ușor înclinate, pentru învățarea apucării deltaplanului de montanți, și *menținerea poziției deltaplanului în aer* în timpul alergării. Datorită vitezei de mișcare față de aerul din jur, deltaplanul își poartă propria sa greutate, elevului pilot revenindu-i doar sarcina accelerării prin alergare și reglarea de pe sol a poziției deltaplanului

în aer, atît în privința unghiului de atac cît și a înclinării laterale. După un parcurs de 10—15 m în alergare, elevul pilot execută o *frînare* aerodinamică pentru oprire.

Manevra de frînare constă într-o împingere fermă a montanților înainte. Ca urmare, unghiul de atac se mărește substanțial, forța de rezistență aerodinamică crește și viteza de înaintare se micșorează brusc. Deoarece creșterea unghiului de atac mărește și forța portantă, se poate întîmpla ca manevra de frînare să ducă la desprindere de sol ; exercițiul de alergare se transformă într-un *salt*, cu evoluție în aer (zbor) de scurtă durată. Fazele exercițiului de alergare și salt vor rezulta din descrierea decolării și aterizării deltaplanului.

4.5. Decolarea

Decolarea este compusă din următoarele faze : *1)* ridicarea deltaplanului ; *2)* reglarea orientării și a unghiului de atac ; *3)* alergarea *4)* schimbarea prizei pe montanți ; *5* forțarea ; *6)* desprinderea ; *7)* creșterea vitezei de zbor ; *8)* răsturnarea pilotului în poziție orizontală.

În fig. 4.1, *a* este arătat modul de prindere al deltaplanului pentru decolare. Elevul pregătit pentru zbor poziționează deltaplanul la orizontală și pătrunde aplecat înainte, cu umerii între montanți. Cu brațele înfășurate în jurul montanților el apucă strîns țevile, la aceeași înălțime față de bara de comandă. Prin îndreptarea corpului, deltaplanul este ridicat în aer. Se execută o rotație dreapta-stînga, pînă ce firele de vînt *FV* indică vînt (adiere) din față. Pentru micșorarea unghiului de atac, pilotul trage cu brațele de montanții rezemați în umăr. Pentru creșterea unghiului de atac, brațele cedează spre înainte. În poziția corectă, deltaplanul se comportă echilibrat, fără tendința de cădere pe bot sau coadă. Instructorul urmărește mișcările pilotului și la nevoie îi dă indicații corectoare. Cînd reglajul static este terminat, elevul pilot cere permisiunea pentru decolare. După confirmarea instructorului începe alergarea pe pantă (detaliul *b*). Cu

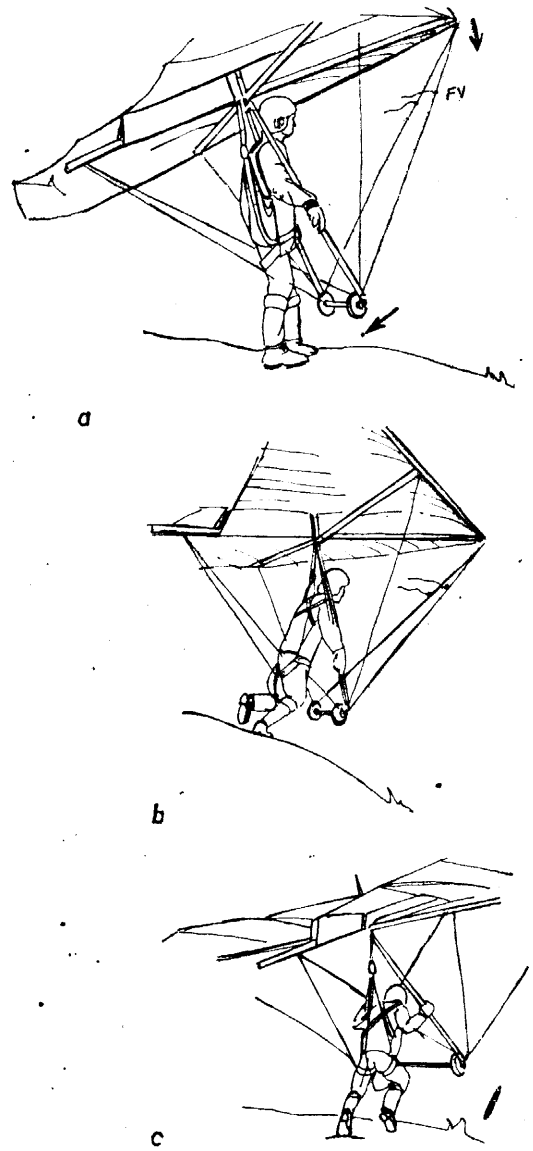


Fig. 4.1. Fazele decolării.

corpul ușor aplecat în față, se fac pași din ce în ce mai repede. Cu privirea înainte, elevul controlează înclinarea laterală și nu permite creșterea unghiului de atac. În cîțiva pași deltaplanul zboară, chingile se întind, pilotul este eliberat de povara deltaplanului ; acesta este *momentul schimbării prizei pe montanți.* Mîinile pilotului execută o alunecare pe montanți în sus, *pînă în dreptul umerilor* (detaliul *c*). Legătura dintre pilot și deltaplan este asigurată în trei puncte : carabiniera ce leagă suspantele de nodul central și mîinile întinse pe montanți. În acest fel, reglajul poziției deltaplanului în aer este pe deplin posibil, atît în profunzime cît și lateral. *Pilotul aleargă tot mai repede,* accelerînd deltaplanul pe pantă în jos. În momentul atingerii vitezei necesare zborului, deltaplanul ridică pilotul în aer. Desprinderea se face cu viteza limită de zbor. De aceea, imediat după desprindere, pilotul trage ușor de montanți pentru a imprima deltaplanului o *creștere de viteză.* Intrînd în zbor normal, pilotul execută ultima fază a decolării, și anume, trece în poziția culcată înainte, aerodinamică, prin schimbarea prizei de pe montanți pe bara de control. Întîi se trece o mînă de pe montant pe bară, cu *capul ridicat și privirea înainte,* apoi se trece și cealaltă mînă. În această fază nu trebuie intervenit pentru reglarea vitezei, în schimb se menține controlul înclinării laterale. Solul este încă aproape, iar aerul în mișcare poate fi agitat datorită neregularităților de teren și obstacolelor din aval. (Efectele vîntului vor fi descrise în capitolul următor). Trăgînd de bară, corpul basculează înainte, umerii coboară și implicit ridică în sus picioarele, prin întinderea corzilor genunchierelor.

Decolarea este posibilă numai dacă terenul în pantă are o cădere suficient de pronunțată. Pe teren plat sau puțin înclinat, alergarea cu deltaplanul nu poate duce la o desprindere de sol.

Cu cît înclinarea pantei este mai pronunțată, cu atît decolarea este mai ușoară. De asemenea, dacă bate vîntul din față, viteza relativă necesară desprinderii se realizează cu o alergare mai scurtă.

Greșelile ce pot fi comise în decolare sînt : *1)* incorecta așezare a montanților pe umeri ; *2)* plecarea cu deltaplanul înclinat pe o aripă ; *3)* un unghi de atac prea mic ; *4)* alergare fără viteză suficientă ; *5)* schimbarea prizei pe montanți într-o poziție prea înaltă sau prea joasă ; *6)* provocarea desprinderii prin lăsarea corpului în suspante sau prin creșterea unghiului de atac. Angajarea deltaplanului în decolare înseamnă în mod inevitabil pierderea controlului și poate duce la percutarea solului cu un capăt de aripă sau cu botul.

Perfecționarea tehnicii decolării, pe măsură ce pilotul deltaplanist acumulează experiență de zbor, are ca obiective : decolarea cu vînt lateral, decolarea pe vînt puternic, decolarea de pe o rampă (trambulină) sau peste un prag abrupt.

4.6. Aterizarea

Aterizarea este compusă din următoarele faze : *1)* apropierea ; *2)* intrarea ; *3)* ridicarea pilotului pe verticală și trecerea prizei pe montanți ; *4)* racordarea ; *5)* filarea ; *6)* frînarea.

Se definește *linia de aterizare* ca fiind direcția pe care trebuie să se încheie în mod normal zborul. Linia de aterizare trebuie să se abată cît mai puțin de la direcția vîntului.

Faza apropierii de locul stabilit pentru aterizare se desfășoară în funcție de tema de zbor înălțimea la care se găsește deltaplanul și direcția vîntului la joasă înălțime. În cazul zborului razant la cîțiva metri deasupra terenului de școală, traiectoria urmată trebuie să țintească linia de aterizare. Prin tema de zbor stabilită de către instructor, elevul pilot începător zburînd în linie dreaptă, ajunge exact unde trebuie. O mînecă de vînt plasată în terenul de aterizare servește drept indicator al direcției din care bate vîntul.

În situația în care zborul se încheie de la înălțime mare, apropierea necesită o evoluție ce va fi tratată în capitolul următor.

Dacă deltaplanul se află la înălțimea de 15—20 m, zburînd pe linia de aterizare, pilotul execută intrarea la aterizare prin creșterea vitezei de zbor cu 15...20%, din două motive : *1)* deltaplanul devine mai manevrabil în vecinătatea solului ; și *2)* se compensează micșorarea intensității vîntului cu apropierea de sol (gradientul vîntului la sol se tratează în capitolul următor). În fig. 4.2 sînt indicate grafic fazele aterizării corecte. Urmînd panta coborîtoare a apropierii, pilotul se ridică de pe bara de control, întîi cu o mînă apoi cu cealată la înălțimea umerilor, păstrînd cu atenție cursul deltaplanului cu viteză crescută. Corpul ridicat al pilotului frînează aerodinamic zborul. În momentul cînd înălțimea picioarelor față de sol devine circa 1 m, se comandă racordarea („îndulcirea") traiectoriei de zbor, cu o ușoară împingere a montanților. Zborul continuă *paralel cu solul,* de-a lungul liniei de aterizare. Această fază reprezintă filarea. În decursul filării, energia de mișcare și viteza scad într-una. Solul fiind foarte aproape, apare un efect aerodinamic specific de interacțiune cu aerul de sub aripă, numit „efect de pernă" ce mărește finețea de planare, prelungind zborul. Ultima fază a aterizării este declanșată în momentul cînd viteza de zbor se apropie de limită. Se împing energic montanții în față. Astfel se produce o frînare și pilotul cade în picioare la o viteză de înaintare aproape nulă. Deltaplanul susținut de montanți se pune jos, pe roți, se sprijină în bot și pilotul se dezleagă deschizînd carabiniera.

Greșelile ce pot fi comise în aterizare sînt următoarele : *1)* direcția de zbor, luată în faza de apropiere nu se aliniază cu linia de aterizare (contra vîntului) ; *2)* intrarea în aterizare se face cu o înălțime prea mare, în raport cu lungimea terenului de aterizare ; *3)* nu se mărește viteza de zbor în faza intrării la aterizare ; *4)* racordarea este comandată la o înălțime prea mare sau cu elongație prea mare a brațelor ; *5)* comanda frînării se face prea devreme.

Corecția direcției de zbor se poate face și în faza de apropiere, cu mișcări limitate, fără înclinări accentuate. În cazul că filarea se prelungește către un obstacol, gard etc. pilotul coboară deltaplanul atît de jos încît

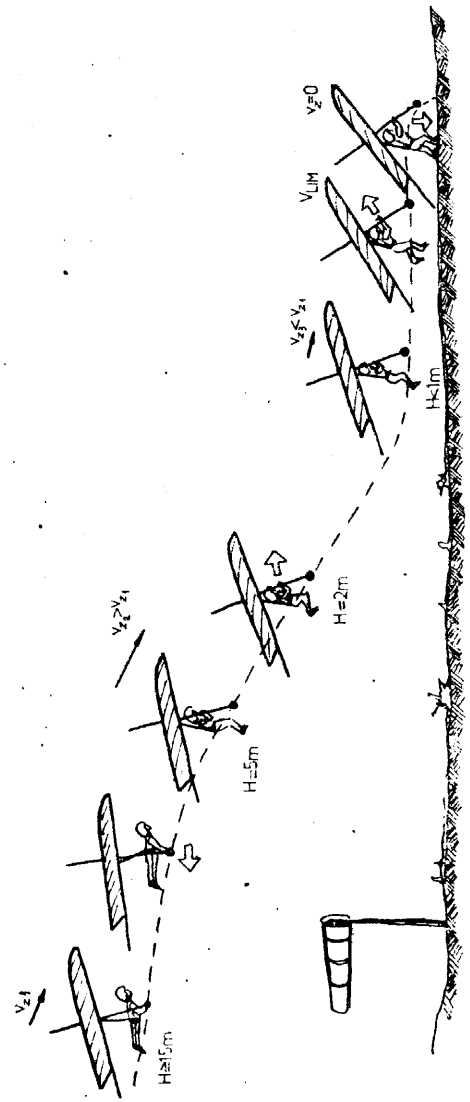


Fig. 4.2. Fazele aterizării.

picioarele lăsate moi să frîneze prin frecare cu solul. Mîinile se trec pe bara de comandă și aterizarea se face „pe burtă". Dacă racordarea se comandă cu o amplitudine prea mare sau frînarea se face prea timpuriu, deltaplanul poate urca la cîțiva metri și rămîne în limită de viteză ; în nici un caz *să nu se tragă de montanți înapoi,* pentru că apare o înfundare rapidă cu cîștig de viteză, urmată de percutarea solului. Se recomandă menținerea poziției cu unghiul de atac mărit și deltaplanul coboară în parașutare aproape pe verticală. Pilotul va căuta prin comenzi laterale să împiedice răsturnarea pe o aripă. Coborîrea de la 3—4 m în acest mod nu generează efecte nedorite.

O evoluție greșită în faza de apropiere poate duce la o aterizare cu vînt lateral sau cu vînt „de spate". În aceste cazuri se parcurg toate fazele aterizării, și în timpul filării se apreciază dacă nu este mai oportună aterizarea „pe burtă". În acest caz, corpul se lasă moale, mîinile trec pe bara de comandă și împing treptat bara înainte. Deltaplanul va rula pe roți cu botul ridicat și se va opri în această poziție. Sub nici un motiv pilotul *nu va rămîne în picioare* dacă la contactul cu solul alergarea nu poate da viteza de mișcare a deltaplanului și *nu va trage de montanți* sau bară înapoi pentru oprirea deltaplanului. Într-o asemenea situație, brațele se adună la piept și în poziție ghemuită se execută o pendulare între montanți, în momentul cînd deltaplanul se lasă pe bot.

Perfecționarea tehnicii aterizării, pe măsură ce pilotul acumulează experiență de zbor, are drept obiective : aterizarea pe vînt puternic, aterizarea pe terenuri obstacolate, aterizarea în culturi vegetale înalte (porumb) sau pe arbori, aterizarea în contrapantă cu, sau fără vînt de spate, aterizarea în apă etc. Asemenea situații deosebite pot să apară în activitatea sportivă de performanță.

Ca regulă generală pentru începători, învățarea decolării și aterizării se face cu metodă și perseverență, la începutul instruirii de zbor, pînă la executarea acestora fără greșeli.

4.7. Zborul în linie dreaptă

Înainte de decolare, pilotul stabilește în teren elementele de raportare ale parcursului, numite *repere.* Reperul este un obiect fix, vizibil de la distanță, suficient de îndepărtat ca să nu reprezinte un obstacol (copac, tufiș, clădiri, element de relief la orizont). Nu pot servi drept repere obiecte în mișcare (nori, vehicule, animale etc.). Pentru aprecierea înclinării laterale servește *linia de orizont,* ce desparte în depărtări cerul de pămînt. În timpul zborului, senzațiile subiective privind poziția deltaplanului în aer sînt înșelătoare. Fără instrumentele de navigație ce echipează avioanele mari, orientarea deltaplanului în zbor se poate face numai cu simțul vederii. De aceea, reglementările stabilesc pentru deltaplanism în mod exclusiv *zborul la vedere,* numai la lumina zile și cu *vizibiltate* bună. Vizibilitatea reprezintă distanța maximă (în m sau km) la care se mai disting reperele. Zborul poate fi efectuat numai dacă vizibilitatea este mai mare decît dublul distanței dintre punctul de decolare și punctul de aterizare. În cazul zborurilor de performanță, vizibilitatea trebuie să fie peste 2 km. Se subînțelege că zborul în ceață sau nori este interzis.

O informație necesară și importantă tot timpul zborului este viteza de zbor. Există aparate de măsură a intensității vîntului relativ, de mișcare a deltaplanului față de aerul în care zboară, numite vitezometre. Citirea unui vitezometru în timpul decolării, aterizării sau evoluției la joasă înălțime cu deltaplanul ar sustrage însă atenția pilotului începător. De aceea, viteza de zbor se apreciază indirect, pe baza unor observații, cu ajutorul simțurilor. În timpul zborului, deltaplanul produce un anumit sunet, *șuieră caracteristic,* datorită corzilor și voalurii flexibile vibrate de vîntul relativ. Cu cît viteza este mai mare, cu atît și sunetele caracteristice sînt mai tari. La limită de viteză, deltaplanul „tace". În paralel cu semnalul acustic al vitezei, pilotul apreciază și răspunsul deltaplanului la comenzi. Cu cît viteza de zbor este mai mare, deltaplanul este mai „rigid", răspunde cu forțe mai mari la acțiunile pilotului. Capacitatea de apreciere a vitezei de zbor după

semne se dezvoltă treptat, în timpul învățătrii pilotării deltaplanului. Deoarece fiecare deltaplan are particularități în ceea ce privește semnele vitezei de zbor, trecerea pilo-ților începători de la un deltaplan la altul este contrain-dicată, respectiv necesită exerciții de acomodare cu aler-gări, salturi etc. pentru identificarea semnalelor carac-teristice.

Observație. Aprecierea vitezei de zbor prin interpre-tarea mișcării deltaplanului față de sol (repere) nu este valabilă din două motive : *1*) cu cît reperele sînt mai în-depărtate (înălțime de zbor mai mare) mișcarea este apa-rent mai lentă ; *2*) dacă bate vîntul, mișcarea deltaplanu-lui față de sol rezultă din compunerea vitezei de zbor cu viteza vîntului și aprecierea rezultă eronată. Cu vînt de spate, viteza de parcurs rezultă mai mare, iar cu vînt de față, mai mică decît viteza de zbor.

Evoluția în linie dreaptă poate fi o temă de zbor dată pilotului începător sau o secvență în zborul de durată al celor avansați. În cursul evoluției în linie dreaptă, pilotul trebuie să conducă deltaplanul fără înclinații laterale. Orice înclinare duce la o deviere de pe traiectoria de ur-mat. Dacă o turbulență sau o manevră greșită a provocat o deviere laterală, pilotul trebuie să intervină corector. Pentru exemplificarea unui zbor în linie dreaptă se dau fig. 4.3 și 4.4.

Peisajul ce se desfășoară în spațiul din fața pilotului se întinde pînă la linia de orizont (fig. 4.3). Dacă delta-planul nu este înclinat, bordurile de atac se poziționează simetric față de linia de orizont. De asemenea, linia de orizont dă o informație și asupra orientării axei longitu-dinale, prin înălțarea botului deasupra orizontului. Botul prea ridicat avertizează iminența scăderii vitezei de zbor și posibilitatea intrării în limită.

Sub linia de orizont se desfășoară elementele din *pla-nul îndepărtat*. Dealuri, șosele, poduri, localități, păduri stau răsfirate sub privirea pilotului. În timpul zborului, conturul orizontului și elementele din planul îndepărtat alunecă între ele furnizînd informații atît despre micșo-rarea înălțimii de zbor cît și despre schimbarea de direc-ție. În sfîrșit, elementele din *spațiul proxim* — terenul

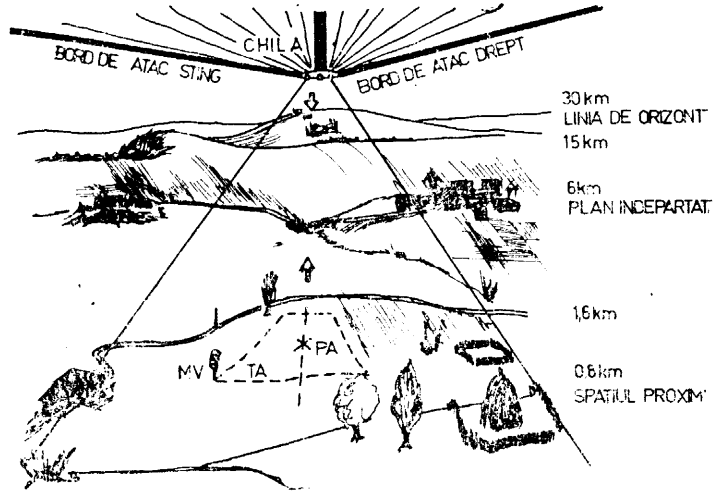


Fig. 4.3. Încadrarea peisajului în fereastra de observație.

survolat, obiectele din jurul terenului de aterizare — ser-vesc și ele la stabilirea poziției deltaplanului în raport cu traseul de urmat. De-a lungul terenului de aterizare *TA* (fig. 4.3) trebuie imaginată o *linie de aterizare* avînd un *punct de aterizare PA*, undeva în centru. Linia de ateri-zare se sprijină pe cîteva repere mai îndepărtate, de exem-plu, (fig. 4.3) culmea muntelui din față, la orizont și capul stîng al podului din planul îndepărtat.

Botul deltaplanului și firele zburătoare din față con-struiesc fereastra de observare a peisajului. Pe lîngă con-templarea imaginii încîntătoare a lumii văzute de sus, observarea peisajului și a modificărilor ce se produc ne-întrerupt în scena încadrată în fereastra firelor zbură-toare, asigură conducerea zborului „la vedere". De exem-plu, o ușoară înclinare a deltaplanului pe aripa dreaptă, urmată și de o deviere, generează scena din fig. 4.4. Este interesant că înclinarea deltaplanului se traduce în per-cepția pilotului într-o răsturnare aparentă a liniei orizon-tului pe stînga, în raport cu „*V*"-ul bordului de atac. Toate elementele din imagine par înclinate pe stînga și în plus obiectele din spațiul proxim defilează spre stînga.

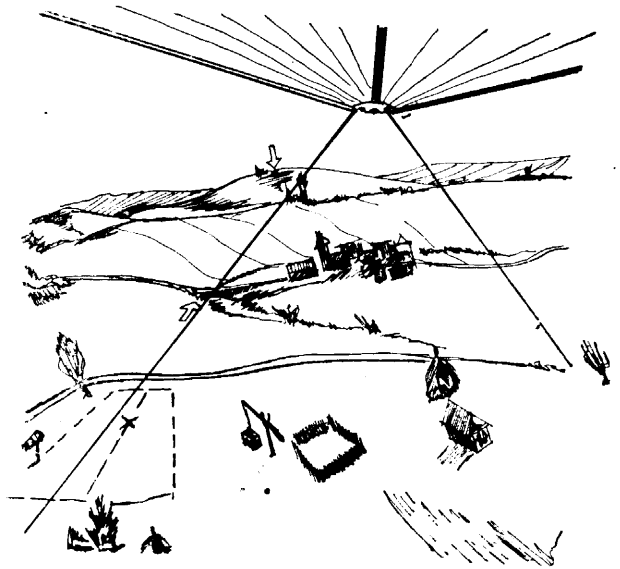


Fig. 4.4. Deltaplanul înclinat deviază spre dreapta.

În primul rînd, terenul de aterizare se va deplasa în stînga, iar reperele îndepărtate nu vor mai fi aliniate pe traseul urmat de deltaplan. În consecință, neîntîrziat, pilotul va iniția manevra de corecție a traseului, pentru a intra în linia de zbor planificată. Dacă obiectul văzut din punctul *A* (fig. 4.5), cuprins în imaginea I_1 este de exemplu localitatea din planul îndepărtat, indicînd devierea pe dreapta, pilotul va împinge bara de comandă ușor spre dreapta, provocînd o înclinare a deltaplanului pe aripa stîngă. Curînd după aceea, în punctul *B*, se comandă ieșirea din înclinație și zborul se continuă spre movila îndepărtată din stînga (imaginea I_2). Înainte de a intersecta linia imaginată cu ajutorul reperelor inițiale (ce conduce în terenul de aterizare) se execută o a doua deviere, începînd din punctul *C*, pînă la efectuarea corecției traiectoriei (în punctul *D*).

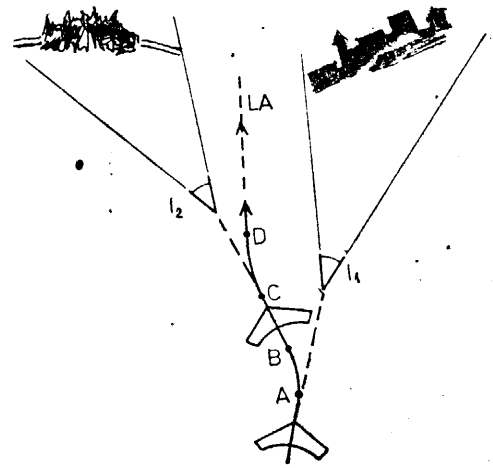


Fig. 4.5. Manevra de corecție a devierii spre dreapta.

4.8. Angajarea

Înclinările ușoare laterale nu reclamă nici o modificare a vitezei de zbor. Dacă pilotul începător, preocupat cu observarea reperelor și menținerea direcției de zbor face greșeala de a pierde de sub control viteza relativă, apare posibilitatea intrării în limită urmată de *angajarea deltaplanului*. Fenomenul se manifestă prin dispariția sunetului caracteristic, se produce o înfundare pe bot și eventual o cădere pe o aripă. Încercarea de acționare a barei de control nu dă rezultate. Căderea pe bot rezolvă de la sine de cele mai multe ori ieșirea din angajare. Sarcina pilotului este să rămînă centrat și să tragă bara ușor înapoi. După o cădere de cîțiva metri deltaplanul recîștigă viteza necesară zborului normal. Angajarea ca exercițiu pentru începători nu se poate executa decît la o înălțime de siguranță și departe de pantă, deoarece deltaplanul în cădere poate să efectueze și o răsucire, schimbînd direcția de zbor. De aceea, exersarea ieșirii din angajare este potrivită numai după învățarea virajului.

4.9. Resursă și boltă

În decursul zborului în linie dreaptă, reducerea vitezei de zbor prin împingerea barei de comandă înainte imprimă deltaplanului o traiectorie unduită în sus, cu un cîștig temporar de înălțime. Evoluția curbată în sus, cu pierdere de viteză și cîștig de înălțime se numește *resursă*. Desigur, viteza de zbor înaintea resursei trebuie să fie suficient de mare, pentru ca după micșorare, valoarea ei să rezulte încă, cel puțin egală cu viteza limită de zbor.

Dacă se admite că întreaga variație a energiei cinetice a deltaplanului trece în creșterea energiei sale potențiale, înălțarea din resursă rezultă $\Delta h = (v_1 - v_2)^2/2\,g$. Astfel, de exemplu, o reducere a vitezei de zbor în resursă, cu 5 m/s (adică cu 18 km/h) produce un cîștig momentan de înălțime $\Delta h = 5^2/2 \cdot 10 = 1{,}25$ m.

În fig. 4.6, porțiunea *ABC* a traiectoriei reprezintă grafic evoluția deltaplanului în resursă. Pe traiectoria *AB* deltaplanul zboară cu viteză mare, $v_{ZA} = v_1$. În punctul *B* pilotul împinge bara de control înainte. Ca urmare, unghiul de atac crește și deltaplanul evoluează pe o traiectorie curbată în sus, cu raza *R*. În „groapa" resursei, pe lîngă greutatea pilotului, chingile de suspendare susțin în plus și forța centrifugă, $F_C = mv^2/R$. Din punctul *C* începînd, pilotul revine în poziția centrală și, ca urmare,

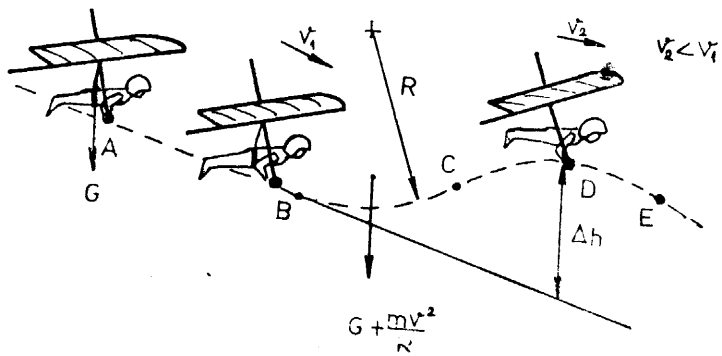


Fig. 4.6. Resursa și bolta.

în *D* deltaplanul depășește înălțarea maximă, iar viteza se stabilizează pînă în *E*, după care zborul continuă rectiliniu. Traiectoria curbată ca o cocoașă, *CDE*, reprezintă *o boltă*.

Resursa și bolta însoțesc manevrele de reglare a vitezei de zbor.

În faza exersării efectelor comenzii barei în profunzime (înainte—înapoi), elevul pilot execută alternativ resurse și bolte. Evoluția șerpuită cu urcușuri și coborîșuri în raport cu panta de planare, se numește *delfinare*.

4.10. Virajul

Virajul este manevra de schimbare a direcției de zbor. Evoluția deltaplanului în zbor normal se poate descompune întotdeauna în segmente de linie dreaptă și viraje.

Virajele sînt necesare : — în conducerea zborului pe traseele impuse în cadrul temei, pentru evitarea obstacolelor sau a altor aeronave, în zborul plutit deasupra crestei sau în curenți termici, în zborul de apropiere de locul de aterizare.

În virajul executat corect, deltaplanul zboară pe o traiectorie aproximativ circulară. În raport cu raza de rotație, virajul poate fi executat *larg*, pe o rază mare și cu înclinație redusă, sau *strîns*, pe o rază mică și cu o înclinație mai accentuată. Rotația deltaplanului în viraj se măsoară unghiular. Unghiul de rotație executat de pilot poate lua orice valoare. În cadrul zborurilor cu temă stabilită dinainte, virajele se fac de 90°, 180°, 270° și 360°. Rotațiile complete, de 360°, se numesc spirale.

Virajele planificate în tema de zbor se execută cu ajutorul unor repere situate în terenul survolat.

Înainte de a iniția un viraj, pilotul se asigură, explorînd cu privirea spațiul proxim, pentru a constata dacă înălțimea față de sol (obstacolele din teren) este suficientă și dacă nu cumva există pe aproape alte aeronave în zbor. Evitarea acestora din urmă poate fi făcută numai cu respectarea regulilor de circulație aeriană. Concomi-

tent cu asigurarea, pilotul *stabilește un număr de repere* din planul îndepărtat și contururi, obiecte, șosele, canale, vegetație, parcele etc. din terenurile de dedesubt, pentru a defini noua direcție a traiectoriei. Numai după aceste măsuri pregătitoare pilotul va lua *decizia executării virajului*. Virajele la înălțime mică, în vecinătatea unor obstacole : clădiri, linii de înaltă tensiune, *către pantă, sînt interzise*.

Un viraj corect executat se compune din trei faze : intrarea în viraj, menținerea în viraj și ieșirea din viraj.

După operațiile de asigurare și stabilire a reperelor, pilotul comandă *intrarea în viraj*. Pentru aceasta, el mărește viteza de zbor concomitent cu înclinarea deltaplanului. Mișcările pilotului trebuie să fie „rotunde", făcute fără bruscare și controlate în amploare. Pilotul se deplasează ușor în față și lateral. Ca răspuns, viteza de zbor se mărește și deltaplanul se înclină pe aripa către care a avut loc deplasarea. Înclinarea laterală introduce componenta aerodinamică centripetă (a se vedea în cap. 2 „Răspunsul deltaplanului la comenzi") și traiectoria devine curbilinie. După atingerea înclinației dorite pilotul încetează comanda laterală. Poziția înclinată și cu viteză mărită de zbor marchează realizarea primei faze a virajului. În această situație de zbor, deltaplanul se rotește în jurul axei de girație (aproximativ în jurul turnului de susținere). Această axă fiind acum înclinată lateral, evoluția tinde să se desfășoare rotind în jos, cu o „cădere" pe bot. Pentru a contracara întoarcerea oblică în jos, pilotul trebuie să „susțină" virajul, prin ridicarea botului.

Menținerea în viraj constă în păstrarea neschimbată a înclinării și în susținerea botului. Poziția barei de control în faza menținerii virajului în raport cu pilotul este ușor spre exteriorul virajului (compensarea tendinței de redresare laterală) și ușor în față, pentru susținere. Deltaplanul zboară pe o traiectorie circulară, coborîtoare, sub un unghi de pantă ceva mai mare decît în zborul rectiliniu (finețea de planare în viraj este mai mică). Forța de inerție centrifugă provoacă pilotului o senzație de solicitare, de greutate suplimentară. În timpul virajului, întregul peisaj mărginit de linia orizontului este aparent înclinat și defilează în sensul opus virajului. Înclinarea și defilarea rezultă cu atît mai pronunțate cu cît virajul se execută mai strîns.

Ieșirea din viraj se comandă înainte de a ajunge pe noua direcție, cu atît mai timpuriu, cu cît virajul este mai strîns. Pentru ieșirea din viraj, pilotul se deplasează pe bara de control lateral, în afara virajului, pentru a reduce înclinarea. Pe măsură ce înclinarea scade, se micșorează și comanda de susținere a botului, trăgînd progresiv bara spre poziția centrală. Coordonarea celor două comenzi face ca viteza de zbor să atingă valoarea normală în momentul redresării laterale.

Observație. În faza înscrierii în viraj, apare un efect secundar numit *moment negativ*. Deplasarea laterală a pilotului pentru comanda înclinării, încarcă aripa flexibilă a deltaplanului în mod asimetric, avînd ca efect o micșorare a unghiului de atac pe partea încărcată. Se știe că micșorarea unghiului de atac reduce și rezistența la înaintare, și aripa încărcată țîșnește înainte. Astfel, primul răspuns al deltaplanului la comanda de înscriere în viraj este o tendință de rotație în sens contrar, „negativ" în raport cu intenția pilotului. Compensarea momentului negativ se face printr-un elan de pivotare a corpului pilotului, simultan cu deplasarea laterală.

Pentru a ilustra mișcările pilotului în executarea unui viraj se dă exemplul din fig. 4.7.

În detaliul *a*, se arată poziția fundamentală a pilotului, cu mîinile plasate simetric pe bara de control și corpul aliniat pe axa de simetrie a barei (linia *C*). În prima fază a virajului pe stînga, pilotul trage ușor de bară și o împinge spre dreapta, răsucindu-și corpul în același timp în sensul opus virajului amorsat. Ca reacție, deltaplanului i se imprimă un moment rotitor spre stînga, suficient pentru anularea momentului negativ. Centrul de greutate al pilotului se află în stînga axei de simetrie, *C*. Deltaplanul se înclină, accelerează și începe să rotească pe stînga. Pentru menținerea în viraj, pilotul ține bara împinsă în față, cu corpul ușor în stînga axei de simetrie.

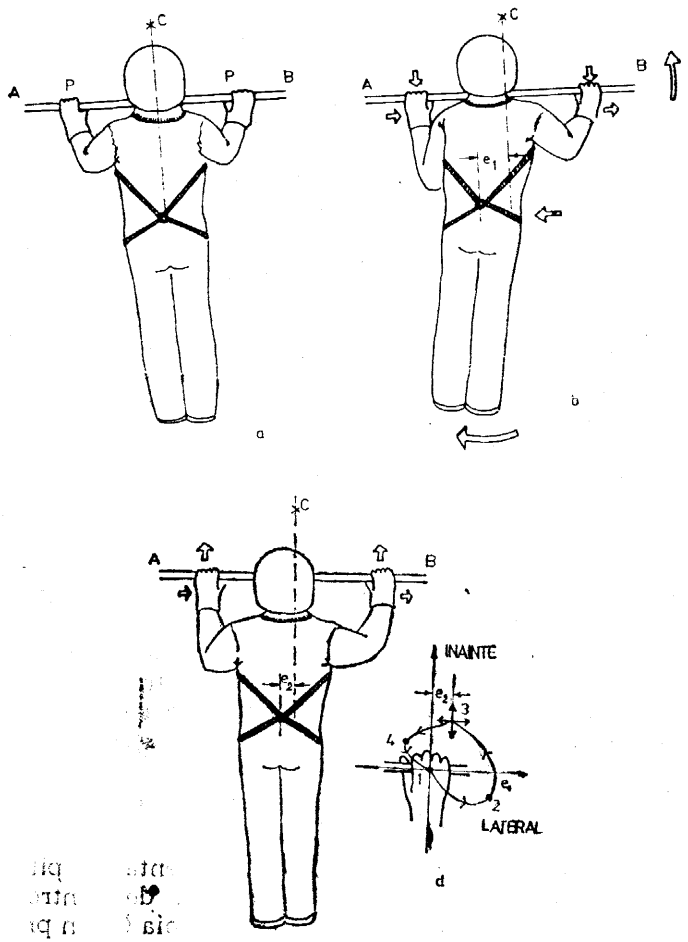


Fig. 4.7. Mișcările pilotului pentru executarea unui viraj pe stînga.

Astfel se menține virajul, cu deltaplanul înclinat și viteza mărită. Este interesant de analizat ce mișcări execută de exemplu mîna dreaptă a pilotului în raport cu umărul, în decursul unui viraj (detaliul *d*). Din poziția fundamentală *1*, mîna trage bara și o împinge lateral, pînă în punctul *2*. Pe măsură ce deltaplanul se înclină, mîna

merge în față și revine din lateral, pînă în punctul *3*. Din acest moment deltaplanul virează constant. Pentru controlul înclinării și al pantei de planare mîna execută ușoare mișcări înainte-înapoi și dreapta-stînga. Ieșirea din viraj se comandă prin deplasarea mîinii în partea virajului și revenirea la poziția fundamentală *1*, în momentul redresării laterale.

Greșelile ce pot fi comise în executarea unui viraj sînt : 1) virajul se inițiază fără o asigurare prealabilă ; 2) poziția în aer a deltaplanului și viteza de zbor în momentul inițierii nu sînt normale ; 3) pilotul nu mărește viteza pe măsura înclinării ; 4) pilotul „scapă" botul deltaplanului în viraj ; 5) înclinarea nu se menține constantă ; 6) scoaterea din viraj se face prea tîrziu în raport cu direcția de zbor dorită.

Tot timpul virajului pilotul trebuie să cerceteze spațiul înconjurător și terenul survolat.

Dacă viteza de zbor în timpul virajului scade sub valoarea necesară sustentației în poziția înclinată, deltaplanul ajunge sub limita de zbor și *se angajează*. În viraj, aripa exterioară virajului se deplasează mai repede decît aripa interioară. Din această cauză viteza limită se instalează întîi pe jumătatea aripii interioare virajului. Fileurile se desprind, portanța devine insuficientă și aripa se înfundă, ceea ce are ca urmare accentuarea puternică a înclinației, urmată de o răsucire în cădere pe bot. Manevra de ieșire din angajare presupune o adaptare rapidă la situația ivită ; pilotul abandonează temporar executarea virajului și intervine prompt pentru redresarea deltaplanului. Pilotul *încarcă partea angajată*, concomitent cu o tragere ușoară a barei. Micșorarea unghiului de atac, mai ales pe partea angajării, reface vîntul relativ laminar și deltaplanul reintră în zbor normal cu prețul unei pierderi de înălțime. Deltaplanele sînt astfel construite și reglate încît se redresează fără complicații din angajarea provocată de o limită de viteză.

Stabilitatea în zbor a unui deltaplan în cursul virajului este caracterizată de comanda laterală de menținere. S-a amintit mai sus că în timpul virajului, pilotul ține bara în față și puțin lateral (fig. 4.7, detaliul *d*, punctul *3*).

În cazul unui deltaplan de şcoală, stabil, menţinerea înclinării laterale cere un ecart e_2 pozitiv şi destul de mare. Un deltaplan de competiţie, manevrabil, zboară în viraj cu un ecart e_2 redus, chiar zero. Schimbarea sensului lui e_2 în timpul menţinerii în viraj, adică necesitatea deplasării corpului pilotului în afara axei de simetrie *C*, pentru ca deltaplanul să nu se încline din ce în ce mai mult, arată că deltaplanul *este instabil* şi nu corespunde pentru zbor.

4.11. Evoluţii cu viraje

Tema cea mai simplă de zbor din deal în vale, cu viraje este *evoluţia în „S“*, constînd din două viraje de circa 90°. Condiţia ca decolarea şi aterizarea să se facă cu vînt din faţă obligă la alinierea traiectoriilor cu direcţia vîntului.

În fig. 4.8 s-a schiţat o evoluţia în *S*. Pornind din punctul de decolare *PD*, în vînt, pilotul decolează şi zboară în linie dreaptă pînă în punctul *A*, unde înălţimea faţă de sol este suficientă (cel puţin 15 ... 20 m). Primul viraj, în exemplul ilustrat pe stînga, se execută cu o înclinaţie moderată. Ieşirea din viraj se iniţiază pe direcţia *t*, nu tocmai paralel cu liniile de nivel constant *LN*. Această măsură de precauţie trebuie să evite riscul unei întoarceri către pantă. Făcînd în continuare uşoare corecturi de direcţie, segmentul de traiectorie *BC* se conduce la o distanţă aproximativ constantă de pantă. Folosind reperele stabilite dinainte, pilotul comandă al doilea viraj de 90°, pe dreapta, în punctul *C*. Deltaplanul va fi scos din viraj în punctul *D* şi condus spre punctul de aterizare *PA*. Dacă în intervalul *BC*, pilotul constată că înălţimea de zbor scade către o valoare prea mică pentru executarea virajului al doilea sau pentru a „prinde“ terenul de aterizare, el *este nevoit să scurteze traseul*. În acest scop, zborul va fi condus pe traseul *t* oblic spre vale, iar cel de-al doilea viraj va fi început mai repede şi executat mai larg. Dacă, din contră, pilotul

apreciază că înălţimea atinsă este prea mare pentru a putea ateriza în dreptul punctului *TA*, el *decide să lungească* traseul. Pentru aceasta, iniţierea virajului al doilea se întîrzie cîteva secunde şi zborul se desfăşoară pe ruta *1*. Depăşirea liniei de aterizare obligă pilotul să facă al doilea viraj mai mare de 90° şi în continuare să comande o corecţie de revenire *r* pe linia de aterizare.

Dacă înălţimea de zbor în faza de apropiere de terenul de aterizare este mare, pilotul va reduce înălţimea cu o evoluţie în „*8*“. *Evoluţia în „8“* constă în executarea a două viraje de cîte 270° în sensuri opuse, aşa cum se arată şi în fig. 4.9. Înălţimea necesară pentru executarea temei este de circa 100 m. Pilotul zboară către punctul de aterizare. Cu circa 100 m în spatele punctului *PA*, pilotul iniţiază primul viraj, de exemplu pe dreapta, în punctul *A*. virajul se ţine strîns pînă în punctul *B*, de unde punctul *PA* se vede lateral pe dreapta, după care se comandă ieşirea din primul viraj.

După redresarea laterală şi reglarea vitezei normale, în punctul *C*, se comandă al doilea viraj, pe stînga. Virajul se ţine strîns pînă în punctul *D*, din care *PA* se

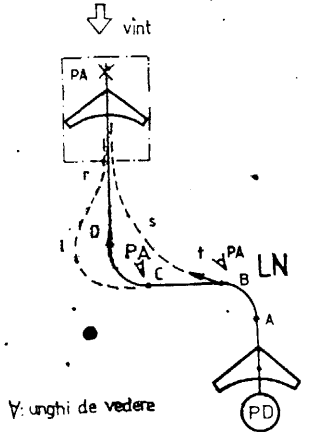


Fig 4.8

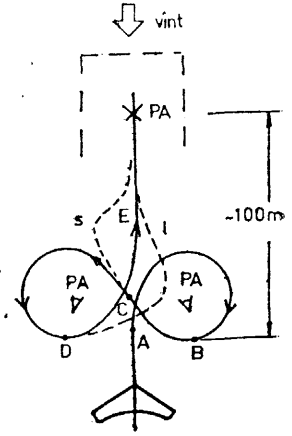


Fig. 4.8. Evoluţia în „*S*“.
Fig. 4.9. Evoluţia în „*8*“.

vede lateral stînga. Din acest moment se comandă ieșirea din viraj și racordarea la linia de aterizare, pînă în punctul *E*, de unde începe aterizarea.

Observarea punctului *VPA* din *B* poate duce la constatarea că înălțimea de zbor nu este suficientă pentru executarea temei în „8". În acest caz pilotul decide apropierea de terenul de aterizare pe traseul scurtat *s*, cu o evoluție în „*S*". Din contră, dacă în punctul *D* observarea punctului *PA* indică o înălțime prea mare, zborul se lungește pe varianta de traseu *1*.

Promptitudinea cu care deltaplanul răspunde la comenzi (manevrabilitatea deltaplanului) este bine ilustrată de modul în care un pilot avansat poate executa trecerea din virajul într-un sens, într-un viraj de sens opus. În cadrul zborurilor tehnice de încercare se execută „rulări" dintr-o înclinare de 45° într-o înclinare de sens opus, tot de 45°. Timpul de trecere de pe o parte pe alta, cu ±45°, este de 2,5... 3 s la deltaplanele de performanță și 4 ... 5 s la deltaplanele de școală.

În încheiere se prezintă *tema de coborîre la aterizare* de la mare înălțime. Evoluția este ilustrată în fig. 4.10.

Pilotul intră în zona terenului de aterizare *cu vînt de spate*, analizează atent terenul și alege un reper în față, *RE*. Puțin înainte de linia transversală prin punctul

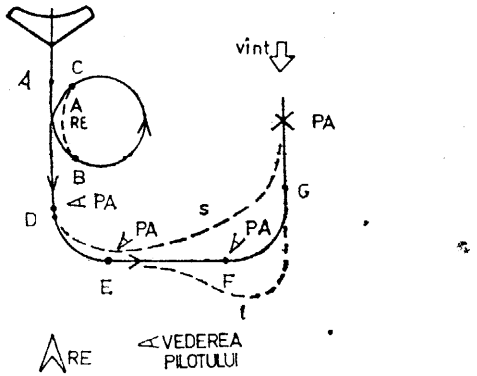


Fig. 4.10. Coborîrea la aterizare de la mare înălțime.

de aterizare *PA*, în punctul *A*, pilotul se înscrie într-o spirală pe partea de către *PA*. La început mai larg, apoi — după asigurarea că din spate nu vine altă aeronavă — virajul se strînge în *B* și se menține pînă în *C* de unde se vede reperul *RE* lateral în față. Pilotul analizează micșorarea înălțimii avute înainte de spirală și decide dacă spiralarea se continuă sau nu. Se execută spirale pînă ce deltaplanul coboară la o înălțime în jur de 100 m. Ieșirea din spiralare se face către reperul *RE* din momentul *C*. După ieșirea din spiralare, pilotul execută *semiturul de pistă* pentru aterizare. În *D* se inițiază *„primul viraj de priză"* de 90°, pînă în *E*. Urmează *„latura a treia"* a turului de pistă pînă în *F*, de unde punctul *PA* se vede lateral pe stînga. *„Al doilea viraj"* (ultimul) *FG*, aduce deltaplanul pe linia de aterizare, cu botul în vînt. Dacă, în timpul primului viraj de priză, *DE*, pilotul constată că punctul este „prea departe", el va scurta traseul zburînd pe linia *s*. Din contră, dacă înălțimea pare prea mare, traseul de urmat va trebui să se lungească pe varianta *1*.

Observație. Efectele unui vînt puternic modifică substanțial evoluția în zbor a deltaplanului.

5 ZBORUL PLUTIT

5.1. Noțiuni de meteorolgie

Știința avînd ca obiect de studiu atmosfera terestră și fenomenele care se produc în atmosferă se numește meteorologie. Prelucrarea observațiilor meteorologice permite prognozarea vremii. Înainte de a pleca la zbor, deltaplaniștii trebuie să solicite informații privitoare la evoluția vremii, direcția și intensitatea vîntului, plafonul norilor, vizibilitatea și alte date necesare pentru buna organizare a zborului.

Mișcarea aerului atmosferic se numește *vînt*. Vîntul este stîrnit în diverse împrejurări meteorologice, local sau pe întinderi de sute și mii de km. În general, vîntul transportă mase de aer din locuri cu presiune mare înspre locuri cu presiune mai scăzută. Mișcarea aerului antrenată de diferențe de presiune se numește vînt baric. În fig. 5.1 este dat un exemplu de circulație a maselor de aer dintr-o zonă de presiune ridicată *PI*, către o zonă de presiune joasă, *PJ*. Vîrtejul de mare întindere care adună aerul în spirale, ce se strîng către centrul *PJ*, se numește *ciclon*. Vîrtejul care împrăștie aerul în spirale, pornind din centrul de presiune ridicată, se numește *anticiclon*.

Nucleul unui ciclon este constituit din aer cald, rarefiat, care atunci cînd se ridică atrage aerul mai rece și de presiune mai ridicată, aducător de vreme rea, vînturi puternice, nori cu precipitații abundente.

Nucleul unui anticiclon este o masă de aer rece și dens, de presiunea ridicată, înconjurat de aer mai cald. Aerul rece se împrăștie din nucleu la suprafața pămîntu-

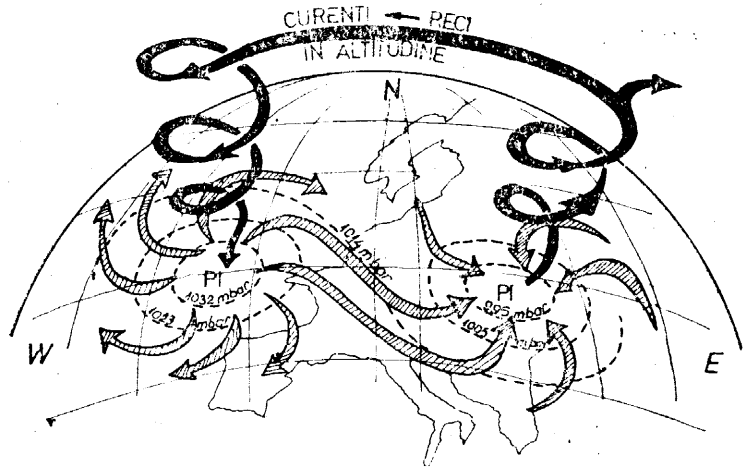


Fig. 5.1. Exemplu de circulație a maselor de aer între zona de presiune diferită pe glob.

lui către zonele cu presiune mai scăzută, săltînd aerul cald la înălțime, de unde acesta se îndreaptă spre centrul anticiclonului. Anticiclonul aduce vreme frumoasă și uscată, rece iarna și călduroasă vara, cu cer senin.

Stratul în care se întîlnesc curenții de aer rece cu masele de aer cald în mișcare, se numește *front*. Frontul aduce schimbarea vremii.

Mișcarea maselor de aer poate fi generată și de *fenomene locale* datorită încălzirii neuniforme sub acțiunea radiației solare, pe litoral sau la munte. Deplasarea aerului în aceste cazuri se numește *briză*. Direcția și intensitatea brizei sînt previzibile pe baza unor observații la fața locului.

În zilele însorite, radiația solară produce la sol o „insolație" avînd ca efect declanșarea unor curenți de aer pe verticală, numiți *curenți de convecție termică*. Viteza curentului termic pe verticală fiind de cîțiva metri pe secundă, *„termica"* poate ridica și deltaplanul, producînd un cîștig de înălțime.

5.2. Direcția și intensitatea vîntului

Direcția din care bate vîntul se indică în coordonate raportate la punctele cardinale geografice. În acest scop se recurge la *roza vînturilor* care împarte cercul liniei orizontului în 16 părți egale. Direcția de referință este nordul geografic. De exemplu, intervalul cuprins între nord *N* și est *E* se divide în sectoarele : nord-nord-est *NNE*, nord-est *NE* și est-nord-est *ENE*. În informațiile meteorologice, direcția vîntului este indicată cu numere pare asociate rozei vînturilor, în parantezele din fig. 5.2 : 2 pentru *NNE*, 4 pentru *NE* ș.a.m.d. Nordul este indicat cu 32. Într-un mod mai exact, direcția poate fi indicată în grade sexazecimale, avînd nordul pe direcția 0°, estul pe direcția 90° etc. (v. fig. 5.2).

Intensitatea vîntului se exprimă cu viteza de mișcare a maselor de aer față de sol, în metri pe secundă sau km pe oră. Aparatul de măsurat viteza vîntului se numește anemometru.

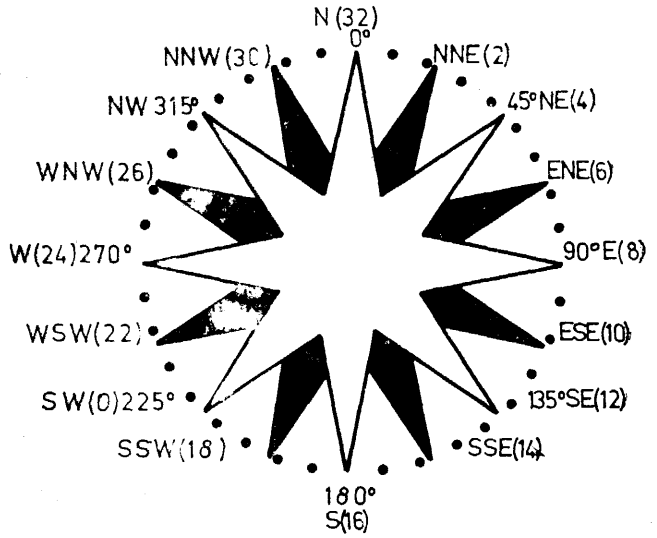


Fig. 5.2. Coordonate pentru stabilirea unei direcții geografice.

Aprecierea intensității (tăriei) vîntului se poate face și după unele semne și efecte produse de vînt la sol. În acest scop a fost stabilită „Scara Beaufort" cu 12 gradații de tărie a vîntului.

În tabelul 5.1 este prezentată scara Beaufort cu vitezele medii pe intervale și efectele produse, cu denumirea tăriei vîntului. Zborul cu deltaplanul este permis pînă la tăria de gradul 7 a vîntului.

Direcția și intensitatea vîntului sînt caracteristici locale și de moment. Dacă se fac determinări lansînd un balon-sondă, urmărit de la sol cu instrumente optice de precizie, se poate determina cum bate vîntul la diferite înălțimi. Se constată că direcția și intensitatea vîntului se modifică substanțial cu altitudinea. Stratul care separă masele de aer cu direcții diferite de mișcare se numește *strat de forfecare*.

Tabelul 5.1. **Tăria vîntului : Scara Beaufort**

Grade	km/h (valori medii)	m/s (valori medii)	Efectele vîntului	Denumire
0	1,5	0,5	Fumul se ridică vertical	Calm
1	3,5	1	Frunzele vibrează	Adiere
2	8	2,5	Vîntul mîngîie fața frunzele foșnesc	Briză ușoară
3	16	4,5	Crenguțele mișcă steagul flutură	Briză moderată
4	25	7	Ridică praful agită crengile	Vînt potrivit
5	36	10	Copăceii balansează apele unduie	Vînt tăricel
6	45	12	Agită crengile mari hainele se umflă	Briză tare
7	55	16	Agită copacii se opune mersului	Vînt tare
8	70	20	Rupe crenguțele oprește omul din mers	Vînt puternic
9	80	23	Dărîmă garduri, hornuri	Vijelie
10	90	26	Smulge copaci, răstoarnă stîlpi	Furtună
11	110	30	Distrugeri	Tempestă
12	125	35	Distrugeri mari	Uragan

În vecinătatea solului, vîntul este puternic influențat de configurația de teren, de vegetația mai înaltă și de diversele obstacole, construcții etc.

„Curgerea" aerului în mișcare poate fi descrisă cu *linii de curent,* imaginare. Linia de curent este traiectoria pe care s-ar deplasa o particulă ușoară purtată de vînt. Dacă liniile de curent nu se intersectează și nu se întortochează, vîntul se numește *laminar.* În schimb, dacă în același loc de observație, liniile de curent se modifică tot timpul, vîntul este *turbulent.* În spatele obstacolelor, în dreptul unor pereți expuși la vînt, în straturile de forfecare se produc *turbulențe.*

Intensificările de scurtă durată ale vîntului, se numesc *rafale.* Pentru a indica intensitatea vîntului rafalos se dă valoarea medie a vitezei vîntului, w_{med} și creșterea momentană cea mai mare a vîntului. Astfel, dacă intensitatea vîntului rafalos oscilează între $w_{min} = 11$ m/s și $w_{max} = 14$ m/s intensitatea este dată sub forma $12{,}5 \pm 1{,}5$ m/s. Amploarea turbulențelor se indică *cu factorul de turbulență,* $V = (w_{max} - w_{min})/w_{med}$.

5.3. Gradientul vitezei vîntului

Masele de aer în mișcare laminară nu au aceeași viteză în toate punctele. Unele straturi alunecă peste altele existînd o diferență de viteză între ele. Diferența de viteză între două straturi distanțate la un metru exprimă *gradientul vitezei vîntului.*

În general, cu cît înălțimea față de sol este mai mare, vîntul este mai intens. În medie, la înălțimea de 300 m viteza vîntului este de circa 4 ori mai mare decît la 20 m.

Gradientul vîntului în vecinătatea solului este considerabil. În fig. 5.3 s-a schițat o reprezentare a vectorilor vitezei vîntului din 2 în 2 m, pînă la 20 m distanță, măsurată perpendicular față de teren. S-a constatat că viteza la distanța de 20 m, v_{20} este de aproape 2 ori mai mare decît la 2 m ($v_{20} \quad 2v_2$). Numai în stratul limită, „la firul ierbii", vîntul se propagă turbionar, datorită frecării dintre aer și vegetație.

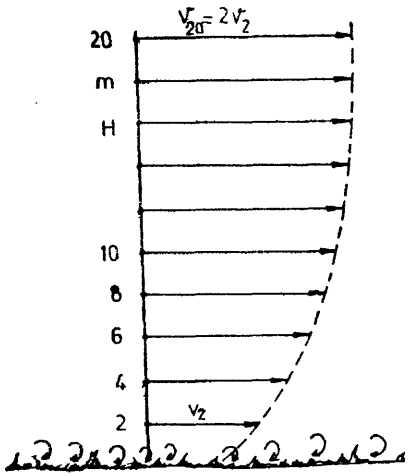


Fig. 5.3. Gradientul vîntului la sol.

Gradientul vîntului la sol trebuie luat în considerație începînd de la distanța de 20 ... 30 m în jos, strat în care se desfășoară decolarea, aterizarea, zborul razant și zborul plutit la pantă. La aterizare mai ales, nerespectarea procedurii indicate în capitolul precedent poate conduce la *angajarea deltaplanului* din cauza gradientului vîntului avînd consecințe cu totul nedorite.

5.4. Zborul pe vînt. Deriva

Zburînd într-o atmosferă cu vînt, deltaplanul execută o mișcare compusă : întîi, se deplasează față de aerul înconjurător cu viteza relativă de zbor pentru obținerea portanței aerodinamice și în al doilea rînd, se mișcă împreună cu aerul față de sol, cu viteza vîntului.

Viteza rezultantă, ca sumă vectorială a vitezei de zbor și a vitezei vîntului este *viteza de înaintare* (de parcurs). Traiectoria deltaplanului raportată la sol se numește *parcurs.*

În fig. 5.4, *a* se dă un exemplu de evoluție în zbor cu vînt lateral, ușor din față. Dacă se adună viteza de zbor v_z cu viteza vîntului w, se obține viteza de înaintare v_c, care arată direcția deplasării față de sol. Direcția pe care evoluează deltaplanul din punctul *1* către reperul *B*, nu coincide cu intenția pilotului de a zbura înainte, spre *A*, datorită vîntului lateral. Unghiul δ, cuprins între viteza de zbor v_z și viteza rezultantă v_c, se numește *derivă*. Pentru ca deltaplanul să urmeze parcursul în direcția *A*, pilotul va trebui să orienteze zborul ca în punctul *2*, către reperul din *C*, situat în partea vîntului sub *unghiul de contraderivă*, δ_c. În acest mod se obține *compensarea derivei* datorită vîntului.

Analiza zborului pe vînt, în cazul general, sugerează descompunerea vitezei în două componente : vîntul longitudinal w_e și vîntul transversal w , în raport cu direcția vitezei de zbor (axei longitudinale a deltaplanului), așa cum se arată în fig. 5.4, *b*. Dacă componenta transversală a vîntului w_t este neglijabilă, deriva δ va fi mică și

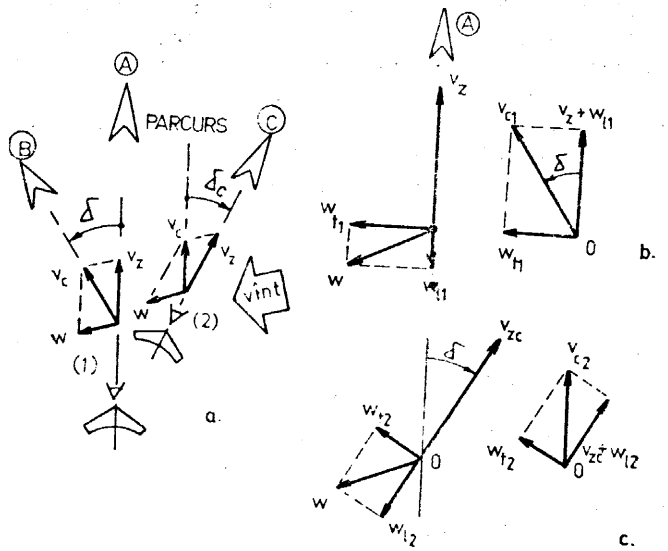


Fig. 5.4. Compensarea derivei.

compensarea nu pune probleme. În acest caz zborul este influențat numai de componenta longitudinală w_e și evoluția se desfășoară cu „vînt de față", respectiv „vînt de coadă".

Zborul cu vînt de față reduce viteza de înaintare ; numeric, viteza de înaintare rezultă mai mică, iar dacă $w = v_z$, deltaplanul coboară fără să înainteze în raport cu solul. Finețea de planare cu vînt de față f_v, se reduce cu raportul $v_c/v_z = (v_z - w)/v = 1 - w/v_z$ și $f_{VF} = f(1 - w/v_z)$.

Zborul cu vînt de spate mărește viteza de înaintare față de sol ; finețea aparentă de planare crește. Un deltaplan cu finețea la $v_z = 10$ m/s egală cu 8, zburînd cu un vînt de spate de 6 m/s coboară cu o finețe față de sol $f_V = 8(1+6/10) = 13$. Datorită faptului că viteza de zbor a deltaplanului este de valoare relativ redusă, efectele date de vînt, deriva și modificările fineței aparente de planare, sînt însemnate. Mai ales în faza de aterizare, neluarea unor măsuri compensatoare poate duce la devieri de la traiectoria dorită și la ratarea punctului.

5.5. Briza de vale

Pe timp senin, efectul termic al radiației solare încălzește versanții expuși la soare și temperatura aerului din straturile învecinate crește. Micșorarea densității aerului încălzit declanșează o deplasare a maselor de aer pe pantele însorite în sus. Mișcarea se prelungește și deasupra crestelor, spre înălțimi. Alimentarea rezervorului de aer care se golește se face pe două căi : pe de o parte aerul se pune în mișcare pe firul văii dinspre șes, iar pe de altă parte, din masa rece a aerului de deasupra firului văii se formează un contracurent vertical în jos. Mișcarea locală a maselor de aer în susul versanților însoriți se numește *briză de vale*.

După apusul soarelui și în timpul nopții aerul rece al înălțimilor alunecă pe versanți în jos către vale, dînd naștere unui vînt local numit *briză de munte*.

Briza de vale acționează ca un covor rulant, cu o intensitate dată de unghiul de incidență al razelor solare, natura și umiditatea suprafeței versantului, unghiul de pantă, deschiderea văii etc.

Grosimea stratului de aer transportat de briză poate atinge și 150 m. Viteza maximă, deci și efectele portante optime se formează la circa 20 ... 40 m de versant.

Deasupra crestelor scăldate de briza caldă de vale pot lua naștere formațiuni de condens, nori „cumulus" de vreme bună, indicînd pînă la ce înălțime ajung curenții de aer din vale, transportați termic.

În fig. 5.5 s-a schițat procesul formării și desfășurării brizei de vale. În primele ore ale dimineții *a* aerul rece și umed din vale nu are tendința să se ridice (inversiune). Adierea brizei se simte numai pe versanții sudici. Spre amiază *b* soarele scaldă întreaga vale. Pe versantul sudic mai ales, preîncălzit, vîntul bate vioi. Deasupra crestelor, se formează nori albi bine conturați, marcînd plafonul. Contracurentul pe verticala firului văii aduce aerul mai rece de la nivele mai înalte decît crestele marginale. De-a lungul văii urcă aerul de la șes. După amiază, versanții către sud-est nu mai primesc căldură. Briza se menține pe fețele orientate către apus. Cumulizarea scade în amploare. Efectele se moderează.

Briza de vale prezintă intensificări periodice, cu o pulsație de ordinul a 5 ... 15 minute.

5.6. Efectele obstacolelor

Datorită frecării aerului cu suprafața terestră și mai ales datorită prezenței neregularităților de teren și a obstacolelor, vîntul suferă schimbări frecvente de viteză și direcție a mișcării, fenomen numit turbulență dinamică. Turbulențele se amplifică și se extind odată cu creșterea intensității vîntului. În fig. 5.6, *a* se indică de exemplu, turbulențele generate de un copac expus unui vînt mai puternic. Parțial, vîntul străbate prin copac agitînd crengile și frunzișul. În mare parte, *aerul ocolește copacul* pe

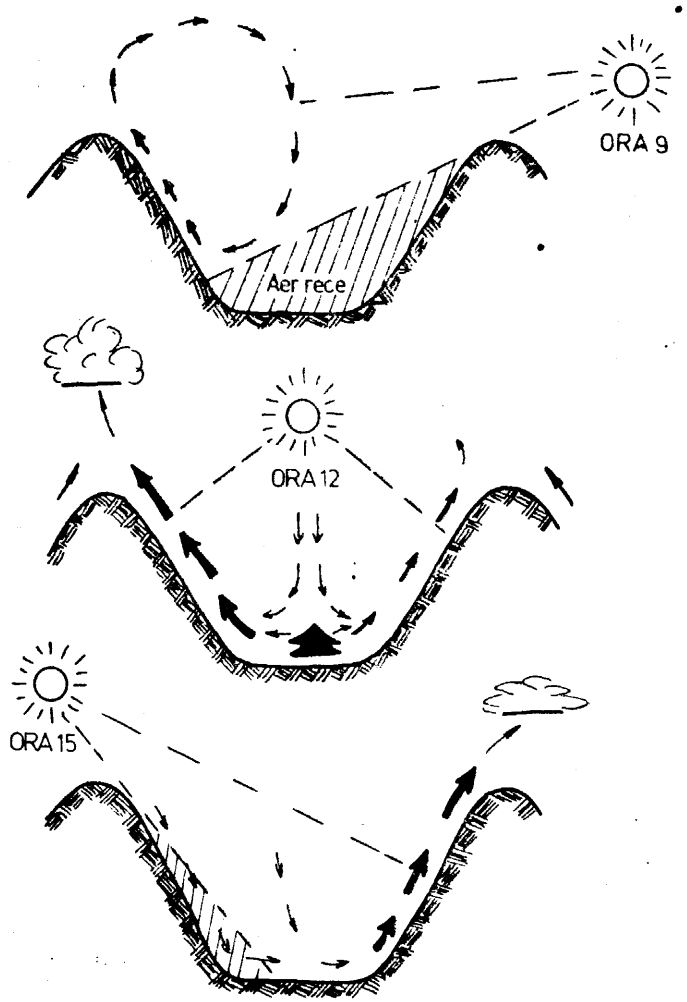


Fig. 5.5. Briza de vale.

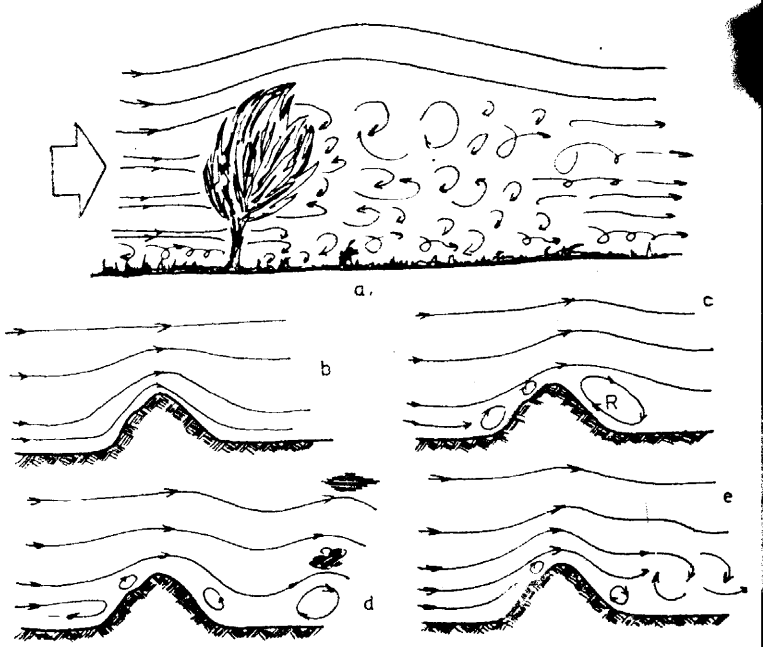


Fig. 5.6. Efectele obstacolelor și configurațiilor de relief asupra vîntului.

deasupra și pe laturi și în spatele acestuia (în raport cu direcția vîntului) se turbionează. Mișcarea laminară se regenerează numai la o distanță considerabilă, în spatele obstacolului.

Efectele turbionare sînt și mai mari dacă vîntul trece peste un șir de copaci plantați de-a lungul unei șosele, de exemplu, fapt de care trebuie să se țină seama la stabilirea terenului de aterizare.

Vîntul devine turbionar în spațiul din spatele unor construcții și clădiri, garduri înalte, livezi sau neregularități de teren. În fața și în spatele obstacolelor mari, intensitatea vîntului slăbește. Deasupra, și pe laturi, viteza vîntului se intensifică, mai ales pe muchii și creste. În spatele obstacolelor mai largi se formează un spațiu mai liniștit, numit „umbră de vînt".

Asemănător cu modul în care apa curge la vale ocolind bolovanii și formînd repezișuri acolo unde albia se îngustează, vîntul se intensifică în lungul văilor, prin defilee, pasuri etc. Fenomenul se numește *canalizare*.

Cînd curenții de aer întîlnesc un val de pămînt, o linie deluroasă sau culmea prelungită a unui munte, *configurație numită baraj orografic*, se produc modificări dinamice exemplificate în detaliile din fig. 5.6. La intensități reduse, vîntul saltă peste baraj păstrînd caracteristica laminară. Numai local și la mică înălțime se resimt efectele diferitelor obstacole (detaliul *b*). La o viteză a vîntului mai mare, apar turbulențe staționare în fața pereților abrupți expuși la vînt, după praguri și în spatele crestei (detaliul *c*). Acest din urmă fenomen, numit vîrtej staționar sau *rotor*, este *deosebit de periculos* în zborul cu deltaplanul. Aparent, pe versantul din spatele crestei vîntul urcă pe pantă (curentul *R* în detaliul *c*). Fără a cunoaște adevăratul vînt de creastă, curentul fals, generat de rotor, poate înșela organizatorul activității de zbor. De aceea, *în mod obligatoriu*, conducătorul de zbor va trimite un membru al echipei cu o mînecă de vînt pentru *a explora vîntul adevărat* pe creastă. De asemenea, se vor face observații asupra zborului păsărilor în spațiul aerian din fața versantului pentru a detecta eventuale turbioane.

Pe vînt și mai puternic, vîrtejul dispare din spatele crestei, în schimb, aerul în mișcare execută ondulații, valuri uriașe, cu turbulențe puternice imprevizibile. Aceste efecte se propagă la mari distanțe în spatele barierei orografice. (detaliul *d* din figură). Ondulațiile se pot dezvolta și la înălțimi ce întrec cu mult creasta ce le-a dat naștere. În anumite condiții de umiditate, în zona ascensională a undei înalte se formează nori de formă lenticulară. Curenții laminari de mare viteză, ce ondulează în spatele crestelor bătute de vînt, crează condiții deosebit de bune pentru planoarele de performanță, de a putea executa zbor plutit în „undă lungă", cu cîștig de înălțime, chiar peste 10 000 m.

În cazul vînturilor foarte intense, mișcarea ondulatorie se „sparge", dînd naștere la puternice turbulențe,

cu rotori nestaționari, provocînd perturbarea atmosferei pînă la mari distanțe de obstacolul generator.

Componenta verticală a brizelor și a vîntului, în dreptul pantelor oferă posibilitatea unor evoluții în zbor plutit, cu cîștig de înălțime.

5.7. Zborul plutit la pantă

După învățarea virajelor, se poate trece la executarea zborurilor în curenți ascendenți de pantă. Dacă componenta verticală a vîntului la pantă w_p este mai mare de 2 m/s într-un spațiu suficient de larg, zborul se poate desfășura timp îndelungat. Pentru aceasta la o înclinație a pantei de 30° ... 40° este necesar un vînt cu intensitatea de 5 ... 8 m/s. De multe ori, briza de vale se adaugă vîntului sporind șansele de a trece din zbor la pantă în zbor termic.

Tehnica pilotării deltaplanului în zbor plutit la pantă prezintă aspecte caracteristice. Decolarea trebuie făcută cît mai aproape de creastă, de preferință dintr-un loc cu înclinație constantă. După reglarea vitezei de zbor se execută *primul viraj* în partea mai întinsă a liniei de creastă, aproape de 90°, astfel reglat încît deltaplanul să zboare paralel cu panta la circa 20 ... 30 m de teren (sau de linia vegetației înalte). Pentru evoluția la *distanță constantă de pantă*, pilotul trebuie să compenseze deriva provocată de componenta orizontală a vîntului, w_0. Viteza de zbor se reglează puțin mai mare de viteza optimă (finețe maximă). Zborul în lungul pantei continuă pînă la reperele dinainte stabilite și înainte de a ieși din zona de ascendență se execută o *întoarcere de 180° către vale*. În nici un caz virajul nu va fi inițiat către pantă. Scoaterea din virajul de întoarcere se face astfel încît deltaplanul să ajungă din nou la distanța optimă de pantă și să evolueze în continuare paralel cu panta. După parcurgerea intervalului utilizabil în fața pantei se face următoarea întoarcere de 180°. Evoluția în curentul ascendent de pantă între repere ce limitează parcursul de

maximă eficiență, fără pierdere de înălțime, se numește *patrulare la pantă*.

În fig. 5.7 se exemplifică un zbor plutit la pantă cu cîștig de înălțime. Dacă liniile de nivel constant sînt sinuoase, versantul fiind crestat cu spărturi și jghiaburi, parcursul se face fără ocolișuri, zburînd pe o traiectorie racordată. De asemenea, dacă apar praguri, brîuri, liziere de pădure, nu se comandă imediat deasupra lor apropierea de versant. În aceste spații componenta ascensională a vîntului este în mod cert scăzută, în schimb există turbulențe majore greu de controlat (fig. 5.8).

Dacă, în decursul patrulării, cîștigul de înălțime ridică deltaplanul deasupra liniei de creastă, apare posibilitatea executării unor spirale, cu respectarea unei restricții foarte importante: — în nici o fază a spiralei, deltaplanul nu trebuie să ajungă în *spatele crestei bătute de vînt*. Tehnica executării spiralei este următoarea: la înălțimea de minimum 50 m deasupra crestei se comandă o intrare în *viraj către vale* și care *se menține larg pe primul sfert* (90°), apoi se strînge pentru micșorarea razei și creșterea vitezei de rotație. Cînd pilotul ajunge din nou să vadă valea, lărgește ușor scoțînd din înclinație pentru a ieși în fața crestei și apreciază înălțimea de siguranță.

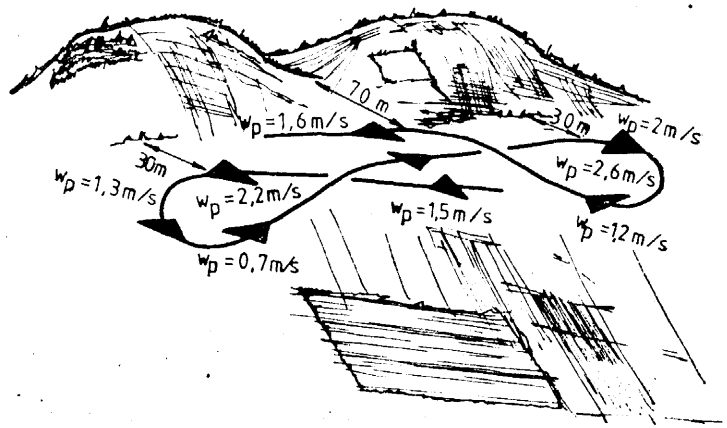


Fig. 5.7. Evoluția în zborul plutit la pantă.

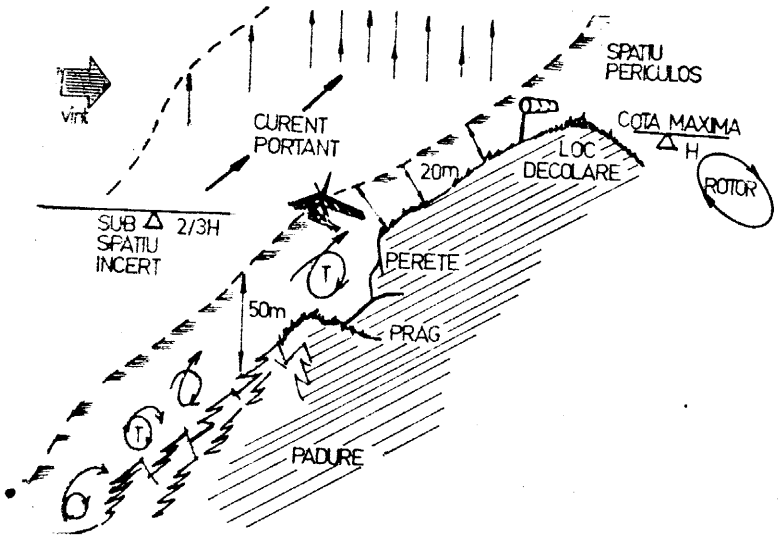


Fig. 5.8. Limite de siguranță în zborul la pantă.

Spiralarea poate fi continuată numai dacă înălțimea a rămas cel puțin aceeași sau a crescut în timpul primei spirale. Dacă spiralarea poate continua, se repetă fazele arătate mai sus.

Greșelile de pilotaj ce pot fi comise în timpul patrulării la pantă, sînt : — se întîrzie primul viraj de înscriere după decolare, părăsind astfel stratul cu ascendență mare ; — se zboară cu viteză prea mare (finețe redusă) ; — se zboară prea încet, existînd pericolul angajării la mică distanță de pantă ; — nu se ține contraderiva, fiind necesare manevre dese de reajustare a distanței la pantă ; — se întîrzie cu întoarcerea la capătul parcursului, ieșind din ascendența majoră sau chiar intrînd în zona marginală turbulentă.

În cadrul patrulării la pantă nu trebuie depuse eforturi pentru atingerea înălțimii limită deasupra crestei. Acest obiectiv devine prioritar numai dacă există îndoieli în privința abordării terenului stabilit pentru aterizare sau dacă în tema de zbor, aprobată de către conducătorul de zbor înainte de decolare, s-a prevăzut încercarea de a trece în zbor plutit termic. Componenta verticală a vîntului deasupra crestei scade cu înălțimea, iar *spațiul optim se deplasează înspre spatele crestei*. Luptînd pentru înălțime, pilotul se poate trezi purtat în derivă în zona rotorică. Să nu se uite că deasupra crestei vîntul este mai intens, iar ieșirea peste creastă către vale, zburînd cu vînt de față, se face cu o finețe aparentă redusă.

5.8. Protecția zborului

Desfășurarea activității de zbor cu mai multe deltaplane simultan, cere respectarea unor reguli de circulație, obligatorii pentru toți. În primul rînd, pilotul trebuie să fie tot timpul atent la evoluția celorlalți zburători. Vederea pilotului poate cuprinde întreg spațiul înconjurător, mai puțin partea de deasupra aripii. Pericolul ciocnirii în zbor cu alte aeronave este mai mare în zborul plutit la pantă și în termică, cît și în faza de apropiere și de aterizare la punct.

Regulile obligatorii de circulație pentru deltaplane se dau mai jos.

a. *În spațiul deschis* (fig. 5.9) : cel care se apropie din dreapta are prioritate de trecere — cel din stînga trebuie să degajeze schimbînd direcția fără întîrziere ; — cel care este în față și la înălțime mai mică are prioritate față de cel care vine din urmă și este mai sus ; — la aterizare, are prioritate cel care este mai jos și mai aproape de punct, ceilalți trebuie să degajeze la o distanță de siguranță ; — zborul în tandem (unul lîngă altul), deasupra sau dedesubtul altor deltaplane nu este permis la o distanță mai mică de 30 m (zborul în spatele unui alt deltaplan este periclitat de turbioanele induse de capetele de aripă, de aceea trebuie evitat) ; în caz de întîlnire frontală, ambele deltaplane vor degaja, fiecare în dreapta direcției proprii de parcurs.

b. *În zborul plutit la pantă* (fig. 5.10) evoluția simultană a mai multor deltaplane în spațiul curentului ascen-

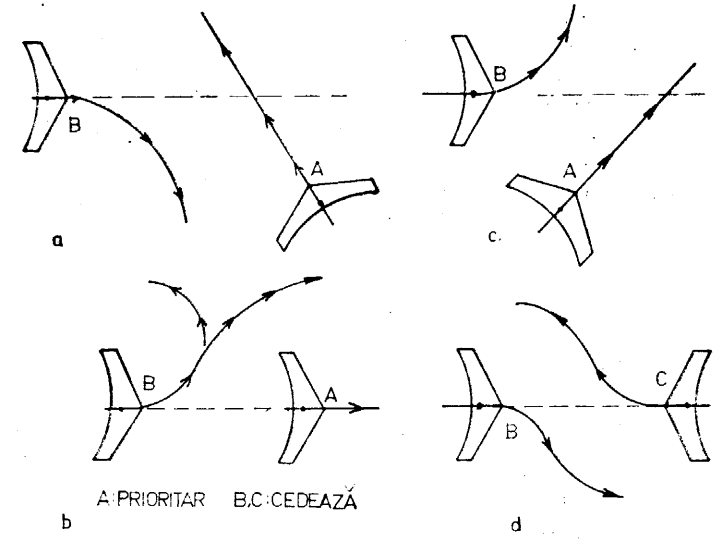


Fig. 5.9. Reguli de circulație în spațiul deschis.

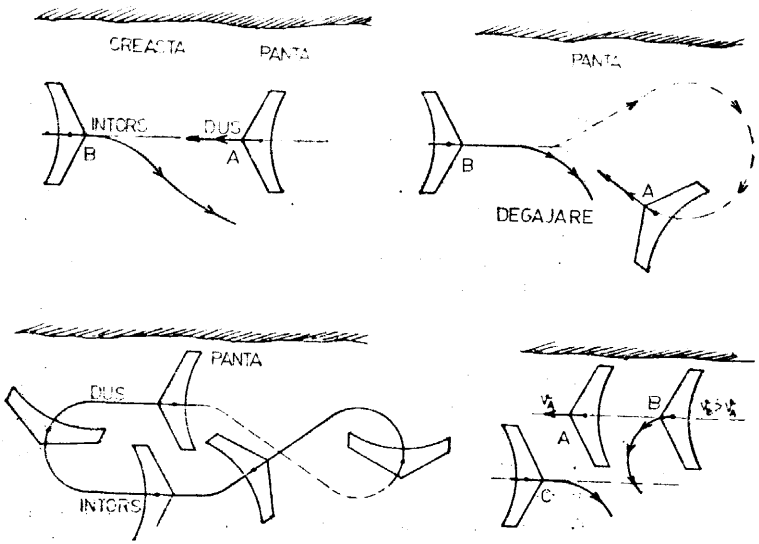


Fig. 5.10. Reguli de circulație la pantă.

dent portant, impune cunoașterea și respectarea cu strictețe a unor reguli specifice. Deltaplanele care patrulează avind panta pe partea dreaptă a parcursului se află pe „ruta de dus", iar deltaplanele care au panta pe partea stîngă sînt pe „ruta de întors". În cazul întîlnirii pe parcurs, deltaplanele pe ruta de dus, zboară fără să schimbe cursul, iar cele de pe ruta de întors, degajează pe dreapta, *îndepărtîndu-se de pantă*. Dacă aglomerația este mare, ruta de dus se stabilește mai aproape de pantă, iar ruta de întors, mai departe. *Depășirea laterală pe ruta de dus* este interzisă ! Există pericolul unor ciocniri frontale. Dacă deltaplanul din față, pe ruta de dus, zboară prea încet, cel din spate va executa o întoarcere forțată de 180°. *Depășirea pe deasupra sau pe dedesubt la depărtare mai mică de 30 m este interzisă !* Deltaplanul care părăsește ruta de dus efectuînd o întoarcere forțată *are prioritate* față de deltaplanele de pe ruta de întoarcere. În faza întoarcerii, ecartul între două deltaplane trebuie să corespundă unui unghi de virare minim de 90°. În caz contrar, cel din spate trebuie să lărgească virajul pentru distanțare.

În zborul de pttrulare la pantă, virajele înclinate *peste 45° sînt interzise*.

În situația patrulării la pantă a mai multor tipuri de aeronave fără motor (deltaplane, planoare ultrașoare, planoare, paraplane), vor fi respectate în ansamblu regulile de mai sus. Suplimentar, piloții aeronavelor zburînd cu viteze mai mari, nu vor survola sau tăia calea deltaplanelor la distanțe mici, cunoscîndu-se efectele aerodinamice periculoase care iau naștere în spatele lor.

5.9. Aterizarea în contrapantă

Într-o fază mai avansată de pregătire a pilotului, deltaplanul poate fi aterizat în apropierea locului de decolare sau în alte terenuri aflate pe versanții bătuți de vînt. Fazele aterizării în contrapantă sînt următoarele : 1) se alege o porțiune de teren în pantă fără obstacole și gropi, de preferință cu vînt frontal ; 2) se execută o ma-

nevră de apropiere cu vînt de spate, dinspre vale, de la distanță, cu ruta perpendiculară pe linia de nivel constant, către mijlocul terenului ales ; 3) *se mărește viteza de zbor* (față de aerul înconjurător), cu 15 ... 20 km/h, cu atît mai mult cu cît terenul este mai înclinat ; 4) pilotul se ridică din timp și trece priza mîinilor pe montanți ; 5) *la 4 ... 5 m distanță* de teren, se execută comanda de racordare la pantă cu o mișcare amplă a trapezului înainte, care este concomitent și frînare. Fazele îndulcirii și filării sînt eliminate în această manevră de aterizare. Dacă vîntul nu bate perpendicular pe pantă, se va introduce o contraderivă corectoare astfel încît traiectoria în faza frînării să urmeze linia urcușului maxim pe pantă. Dacă în faza de apropiere se constată că, datorită componentei ascendente a vîntului, cîștigul de înălțime ridică deltaplanul deasupra terenului ales, se execută *din timp* o întoarcere și manevra se repetă de la o înălțime mai mică.

Greșelile ce pot fi comise, sînt : — viteză insuficientă în zborul de apropiere, și racordare la pantă comandată prea departe de teren.

Pilotul trebuie să ia în considerare că, zburînd cu vînt de spate, viteza de parcurs către terenul în pantă va rezulta neobișnuit de mare.

Aterizarea transversală pe pantă — paralel cu liniile de nivel — sau în spatele (în susul) unor obstacole, arbori etc. este contraindicată și periculoasă.

Respectînd regulile și recomandările arătate, aterizarea cu vînt de spate în contrapante cu înclinații pînă la 40° nu prezintă nici un risc pentru piloții deltaplaniști avansați.

5.10. Formarea curenților de convecție termică la ses

Efectul radiațiilor asupra întinderilor expuse la soare, duce prin acumulare termică la o creștere de temperatură, preluată și de către stratul de aer în contact.

Încălzirea solului și a corpurilor expuse la soare se face mai repede dacă umiditatea lor este scăzută și nu au

luciu. Întinderile de apă, vegetația verde, pădurile, se încălzesc mult mai lent decît lanurile de grîu copt, iarba uscată, arătura veche, piatra și nisipul uscat, așezările omenești (curți, case) etc. Ca urmare, și aerul învecinat va ajunge mai cald în anumite locuri decît în altele. Se formează astfel imense „pungi" de aer cu temperatura mai ridicată decît valoarea medie momentană. Se știe că densitatea aerului scade cu creșterea temperaturii și de aceea masele de aer încălzit nu se mai află în echilibru față de aerul răcoros cu care se învecinează. Dezechilibrul crește cu diferența de temperatură. La cea mai mică adiere sau la trecerea unui vehicul, se produce o „declanșare" a mișcării rezervorului de aer cald în sus. Diferența de temperatură suficientă pentru declanșarea acestui mecanism poate fi de numai 4 ... 5°C. Ia astfel naștere un vînt local, un *curent termic,* în care un mare volum de aer încălzit se ridică în sus. Durata mișcării continuă pînă ce rezervorul de aer cald se golește. La sol, în locul aerului cald intră pe laturi aerul mai răcoros din împrejurimi. Începe după aceea un nou ciclu de acumulare și fenomenul se repetă periodic.

Aerul cald, pe măsură ce se ridică, se destinde și se răcește adiabatic. La o anumită înălțime, numită plafon, umezeala din aer condensează, și ca urmare se formează un nor izolat, care crește și se consolidează pe măsură ce noi și noi cantități de vapori de apă urcă în *coloana termică.* În mod firesc, în jurul coloanei ascendente, aerul mai rece dislocat, se va mișca în jos, formînd *curenți descendenți.* Între coloana ascendentă și curenții descendenți se formează un strat de forfecare, foarte turbulent.

Dacă mediul atmosferic în care se desfășoară fenomenul termic este purtat de vînt, coloana termică se înclină și norul marcînd capătul de sus al coloanei nu se mai produce la verticala rezervorului termic, ci deplasat sub vînt.

În fig. 5.11 s-au schițat mai multe faze ale unui ciclu de transport atmosferic prin convecție termică. Acumularea de căldură la suprafața pămîntului încălzește treptat și aerul (detaliul *a* din figură). *Declanșarea termicii* pune în mișcare aerul cald în sus, cu o viteză de urcare de

Fig. 5.11. Fazele unui ciclu de transport atmosferic prin convecție termică.

mai mulți m/s. În timp scurt, curentul ascendent atinge plafonul și începe „cumulizarea". Curentul termic golește treptat aerul cald din rezervorul de la sol ; norul se dezvoltă și se consolidează (detaliul *c*). După golirea rezervorului, curentul se întrerupe „coada" coloanei termice se înalță generînd în urmă turbulențe puternice. Norul atinge maxima sa dezvoltare (detaliul *d*). După epuizarea coloanei începe dezagregarea și mai apoi dispariția formațiunii noroase, în timp ce la sol procesul de acumulare generează o nouă masă de curent termic.

Dacă rezervorul termic de la sol are o întindere mai mică, la scurt timp după declanșare sursa caldă se epuizează și practic, nu se formează o coloană termică de durată. În acest caz, aerul cald se înalță ca un balon invizibil dînd naștere unui curent ascendent de scurtă durată, numit „bulă termică". De asemenea, dacă sursa termică se află în coasta unui deal, în panta bătută de vînt, declanșările se produc prea des și termica pulsează în briză de vale.

5.11. Zborul plutit în termică

Evoluînd cu deltaplanul la o înălțime mai mare de 50 m, pătrunderea într-o coloană termică oferă posibilitatea efectuării unui zbor plutit cu cîștig de înălțime. Exercițiul se consideră oportun dacă pilotul este capabil să execute viraje și să spiraleze corect și dacă este bine pregătit teoretic.

Fazele unui zbor termic sînt : 1) căutarea termicii ; 2) centrarea în termică ; 3) menținerea în coloana ascendentă ; 4) ieșirea din termică pentru a trece într-o altă coloană ascendentă.

Căutarea termicii începe cu alegerea potrivită a locului de decolare din deal. O pantă înierbată, cu o diferență de nivel mai mare de 100 m, cu deschidere spre sud, avînd culturi cerealiere coapte în vale, generează în mod sigur condiții de zbor termic. Pilotul va urmări din locul de decolare semnele declanșării termice în dreptul

sursei calde, jos în vale, pentru a decola la momentul oportun. Este de dorit ca deltaplanul să fie în zbor în momentul cînd declanșarea ajunge la cota locului de start. Vîntul pe pantă se va intensifica subit, și deltaplanul va urca împreună cu unda termică. Pînă la depășirea crestei, se aplică tehnica zborului la pantă, după care se execută spirale. În cazul zborurilor din munți, cu decolări de la înălțimi de mai multe sute de metri, termica se caută deasupra terenurilor generatoare de aer cald. De multe ori, în coloana termică spiralează păsări răpitoare pentru a-și economisi energia în căutarea hranei zilnice. De asemenea, norii albi izolați ce se consolidează și se dezvoltă pe bolta cerului albastru sînt semne certe ale activității termice în acele locuri.

Așadar, semnele indicatoare sînt : natura și calitatea solului, comportamentul păsărilor și formarea norilor (cumulizarea). Semnele apropierii de coloana termică sînt :

— o înfundare mai accentuată datorită trecerii prin curenții descendenți ; — traversarea prin zona turbulentă a învelișului coloanei ascendente și, în sfîrșit, semnalizarea intrării în ascendență. Modul adecvat de constatare a descendenței sau ascendenței deltaplanului este urmărirea unui variometru. Dacă acesta lipsește, pilotul interpretează senzațiile ce însoțesc accelerațiile pe verticală : — la intrarea în descendență, greutatea aparentă a corpului se micșorează ; — la intrarea în ascendență, greutatea corpului în aparență se mărește. Pătrunderea în ascendență mai este semnalizată de : — o creștere a vitezei de zbor ; — se modifică sunetul deltaplanului ; — se simt mișcări de translație în planul orizontal, scuturături, accelerații.

Traversarea zonei descendente se face cu o viteză de zbor mărită. În momentul sesizării ascendenței în termică, viteza de zbor se reglează la valoarea optimă.

Evoluția cu maximă eficiență în curentul ascendent se face în spirale, avînd centrul în miezul coloanei termice. Viteza ascensională în coloana termică este maximă în centru — numit *miez* — și scade spre margini ; stratul limită are ascendență nulă.

În fig. 5.12 s-au reprezentat valorile vitezelor ascensionale w_p într-o coloană termică. În detaliul *a*, se arată liniile circulare pe care viteza de urcare a aerului are valoarea înscrisă (0 ; 1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 4,5 și 4,7 m/s). Miezul poate fi considerat cilindric, cu o rază de 17 m, în care aerul urcă cu peste 4,5 m/s. Progresiv, viteza ascensională se micșorează dacă ne îndepărtăm de miez. În detaliul *b*, s-a reprezentat valoarea vitezei curentului ascendent în funcție de raza (distanța) de centrul coloanei. Se vede că diametrul coloanei termice, D este de 160 m.

Viteza mijlocie de înfundare a deltaplanului este de exemplu, $v_i = 1{,}4$ m/s. Atunci, în curentul ascendent, deltaplanul se ridică cu viteza rezultantă, $v_u = w_p - v_i$. Deltaplanul va zbura la înălțime constantă într-un curent ascensional avînd $w_p = 1{,}4$ m/s. Diametrul efectiv al coloanei termice în care deltaplanul *nu coboară* este deci $D_A = 135$ m. Pilotul trebuie să mențină deltaplanul în interiorul cercului trasat cu linie întreruptă în detaliul *a*. Un variometru montat pe deltaplan va indica în coloana ascendentă viteza de urcare v_u, înscrisă între paranteze în dreptul liniilor circulare din fig. 5.12, *a*. Trebuie menționată o caracteristică a curentului ascendent termic, și anume, că diametrul coloanei se mărește cu înălțimea ; coloana se dilată. În consecință, reprezentarea din fig. 5.12 corespunde unei anumite înălțimi față de sol.

După depășirea curenților descendenți și a străpungerii stratului de forfecare, urmează pătrunderea în coloana termică. Există două posibilități : intrarea se face aproape radial, către miez, sau dezaxat, mai către marginea coloanei. În fig. 5.13 au fost reprezentate cele două posibilități.

Intrarea radială, optimală, este însoțită de mai multe semne : — botul se ridică, viteza crește, direcția de zbor se menține ușor, deltaplanul *nu tinde să se incline* lateral. Indicația variometrului începe să crească cu o anumită întîrziere inerentă. Astfel, cu toate că cercul marcînd viteza ascensională de $w_p = 1{,}4$ m/s a fost intersectat în punctul A, variometrul indică viteza de urcare $v_u = 0$ m/s deabia în punctul A'. Dacă inerția variometrului este de

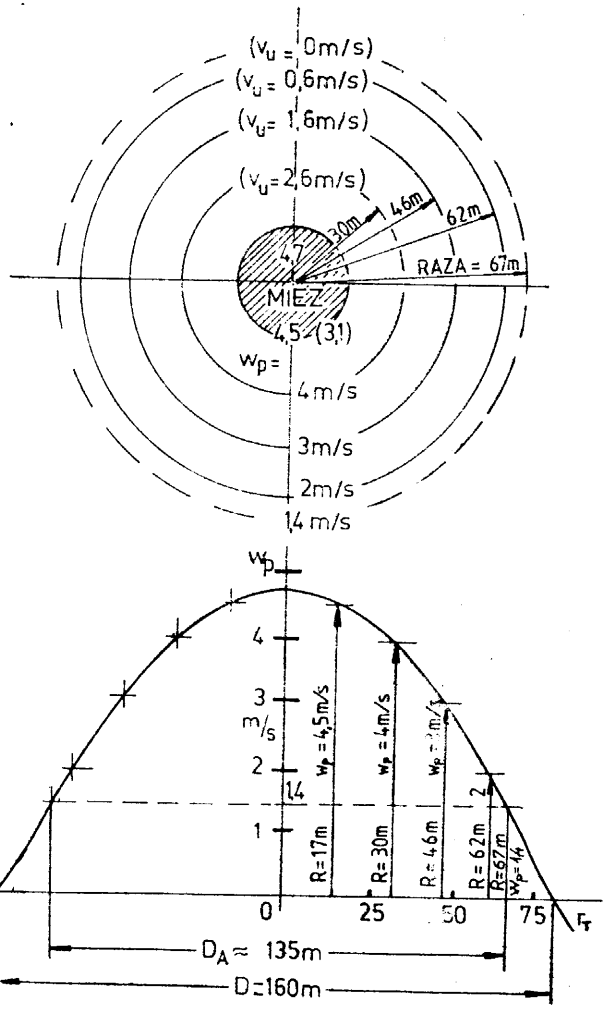


Fig. 5.12. Coloana ascendentă în secțiune.

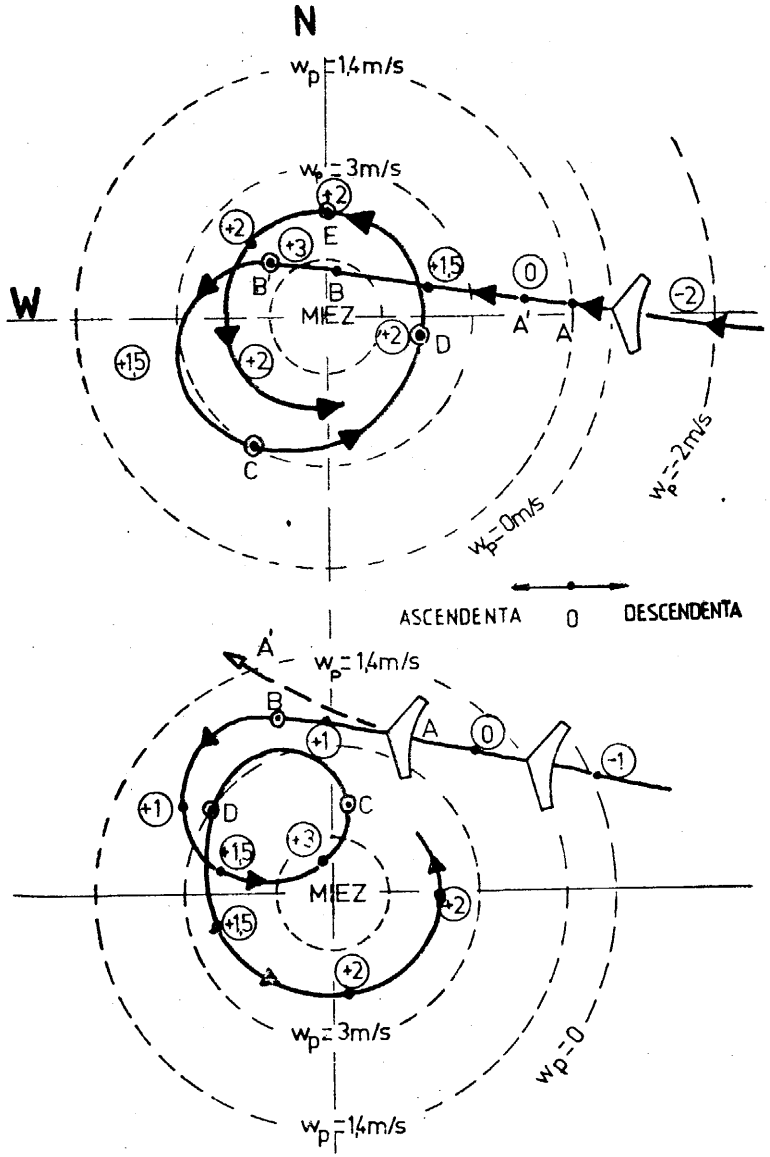


Fig. 5.13. Centrarea în termică.

o secundă, drumul AA' este de circa 10 m (cu $v_z = 10$ m/s). Vitezele de urcare indicate de variometru, în diverse puncte ale traiectoriei, au fost înscrise în cerculețe (fig. 5.13). Urmărind variometrul, pilotul va zbura mai departe rectiliniu. În punctul B, miezul fiind pe partea stîngă, aripa stîngă va fi ridicată mai mult decît cea dreaptă. Deltaplanul va avea *tendința să devieze* pe dreapta. Puțin mai departe, indicația variometrului va începe să scadă. În acest moment, pilotul va înscrie deltaplanul pe stînga, virajul desfășurîndu-se din punctul B'. Faza care urmează se numește *centrarea în termică*.

Virajul pe stînga, în partea miezului, se menține aproape 180°, pînă în punctul C. În acest timp indicația variometrului coboară, semn că deltaplanul s-a îndepărtat de miezul termicii. În punctul C virajul se lărgește și dacă variometrul nu indică mari schimbări ale vitezei de urcare, este semn că evoluția se face pe un cerc de viteză ascendentă constantă (în exemplul din figură, pe cercul $w_p = 3$ m/s). Virajul se strînge ușor și, ca urmare, în punctul D, variometrul va indica $v_u + 2$ m/s. Dacă pe următorul sfert de tură, pînă în E, indicația variometrului nu se schimbă, înseamnă că traiectoria se desfășoară concentric în jurul miezului.

Menținerea în termică constă în reglarea continuă a razei de virare, pentru a obține o viteză de urcare cît mai neschimbată, la o valoare cît mai ridicată. La prima vedere, strîngerea spiralei asigură creșterea vitezei de urcare. Zborul în viraje înclinate însă, reduce finețea de planare și viteza de înfundare crește. Așa cum s-a arătat în cap. 2, viteza de zbor într-un viraj înclinat la 60° este cu 50% mai mare decît viteza optimă, iar viteza de înfundare se dublează, în cazul de față la circa 2,8 m/s. Ca urmare, spiralînd înclinat în miezul termicii, unde $w_p = 4{,}5$ m/s, viteza de urcare a deltaplanului rezultă $v_u = w_p - v_i = 4{,}5 - 2{,}8 = 1{,}7$ m/s, adică *mai mică decît în spiralarea largă și puțin inclinată !*

În fig. 5.13, *b*, s-a prezentat situația unei pătrunderi în coloana termică, de exemplu prea în dreapta, către margine. După traversarea zonei turbulente, variometrul va indica treptat o urcare slabă, iar în dreptul punctului

A, situat lateral în dreapta față de miezul coloanei, deltaplanul va tinde să se încline pe dreapta și să devieze către A'. Pilotul va menține însă cursul rectiliniu și, în momentul cînd variometrul va indica o tendință de scădere a vitezei de urcare, în punctul B, se va înscrie în viraj către miez. Virajul, executat larg, intersectează liniile curentului ascensional atingînd și miezul coloanei. Astfel, variometrul va semnaliza la început creșterea, apoi tendința de scădere a vitezei ascensionale, moment în care, în punctul C, trebuie să se comande strîngerea spiralei. Se parcurge astfel o jumătate de tură pînă în D, unde se lărgește pentru a înconjura miezul. În continuare zborul se desfășoară ca în exemplul precedent, cu menținerea deltaplanului pe traiectoria circulară a vitezei de urcare maximă. Urcînd cu viteza menționată, de 2 m/s, în circa 4 min. se realizează un cîștig de înălțime de aproape 500 m. Dacă termica este viguroasă, într-un timp scurt se poate atinge înălțimea maximă admisibilă, cu 100 m sub plafonul de condensare. În mod obișnuit, la șes, plafonul se situează la 1 200—2 000 m față de sol.

Recapitulînd cele arătate, se poate deduce o regulă simplă a centrării în termică : în timpul spiralării virajul trebuie strîns cînd variometrul „coboară" și trebuie lărgit cînd variometrul „urcă".

Dacă pilotul intenționează să părăsească ascendența pentru a căuta alta mai puternică sau pentru că vîntul transportă coloana ascendentă îndepărtînd-o de terenul de zbor, nu are decît să stabilească reperele direcției de urmat și apoi să scoată din viraj deltaplanul la momentul potrivit. Ieșirea din coloana ascendentă este semnalizată de turbulențe și de un mediu descendent, cauzînd o pierdere rapidă de înălțime.

5.12. Protecția zborului termic

În privința securității evoluției în zborul termic trebuie luate în considerație mai multe aspecte : — urmărirea și controlul reperelor pentru a putea cunoaște în fiecare moment poziția în raport cu terenul de zbor ;

— aprecierea limitelor în spațiu de unde terenul de aterizare mai poate fi atins *în zbor planat*, în conformitate cu tema de zbor ; — cunoașterea regulilor de circulație în zborul termic ; — dotarea și cunoașterea echipamentului de salvare ; — evitarea pătrunderii în nori ; — coborîrea și aterizarea la apariția norilor de furtună (Cumulonimbus).

Aprecierea limitelor în spațiu pentru atingerea terenului de aterizare în zbor, se face ținînd cont de : — înălțimea de zbor, finețea de planare a deltaplanului, direcția și viteza vîntului. Explicațiile se referă la reprezentările din fig. 5.14.

În atmosferă calmă, terenul de aterizare *poate fi atins din* orice punct aflat în interiorul conului sprijinit cu vîrful în punctul de aterizare, cu o înălțime H, egală cu altitudinea plafonului de condensare și un diametru $2R_{max}$ în care R_{max} este parcursul deltaplanului cu finețea medie f_{med} de la înălțimea H. Din formula $R_{max} = f_{medie}\ H$ se obține raza bazei conului. De exemplu, dacă un deltaplan cu $f_{med} = 8$ se găsește la înălțimea plafonului $H = 1\,500$ m, distanța $R_{max} = 8 \cdot 1\,500 = 12$ km. Din orice direcție, de la înălțimea plafonului, deltaplanul va putea „prinde" terenul de aterizare dacă nu se află mai departe de R_{max}. La o înălțime mai mică decît H, distanța maximă de siguranță va fi mai mică decît R_{max}. Condiția este ca deltaplanul să se afle în interiorul conului H, $2R_{max}$ schițat în figură.

Dacă bate vîntul, conul se înclină ca în fig. 5.14, *b*. Către vînt, distanța se mărește deoarece întoarcerea la terenul de aterizare se face cu vînt de spate : $R_{VS} = f_{VS}\,H$, unde $f_{VS} = f_m\,(1+w/v_z)$, în timp ce sub vînt (din dreapta figurii), întoarcerea se face cu vînt de față, cînd $f_{VF} = f_m\,(1-w/v_z)$ și R_{VF} va rezulta mai mică. De exemplu, dacă plafonul $H = 1\,500$ *m*, $f_{med} = 8$, $v_z = 10$ m/s și vîntul la înălțime bate cu $w = 6$ m/s (22 km/h), $f_{VS} = 8(1+6/10) = 8 \cdot 1{,}6 = 12{,}8$ și $R_{VS} = 12{,}8 \cdot 1\,500 = 19\,200$ m pe cînd $R_{VF} = 8(1-6/10) \cdot 1\,500 = 8 \cdot 0{,}4 \cdot 1\,500$, $R_{VF} = 3{,}2 \cdot 1\,500 = 4\,800$ m. S-ar putea ca la mare înălțime vîntul să bată cu $w > 10$ m/s. În această situație, deltaplanul fiind la verticala

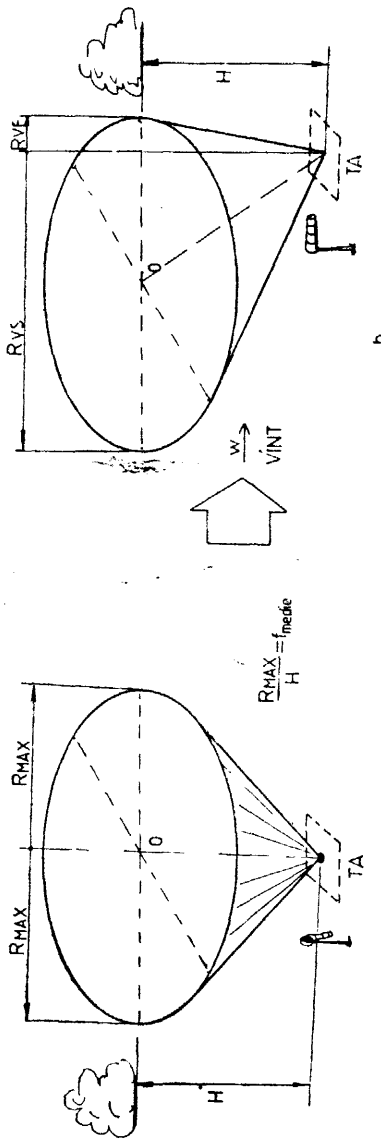


Fig. 5.14. Protecția zborului termic.

punctului, pilotul nu poate prinde terenul decît dacă zboară cu $v_z > w$.

În ceea ce privește *regulile de circulație în zborul termic* s-a stabilit ca : — într-o coloană termică, toate deltaplanele să spiraleze în același sens, impus de evoluția acelui deltaplan care a pătruns primul în coloana ascendentă ; — intervalul între două deltaplane spiralînd la aceeași altitudine, este de minim un sfert de tură (90°) ; — prioritatea să fie acordată mijlocului de zbor care zboară mai încet ; — fiecare pilot să vegheze în raza vizuală proprie și să evite coliziunea cu deltaplanele aflate dedesubt (piloții respectivi nu pot vedea prin aripă ce se află deasupra).

Parașuta de salvare, special concepută pentru deltaplanism este obligatorie în zborurile peste 150 m înălțime și în orice caz în zborul termic.

6 REGLEMENTĂRI

6.1. Introducere

Activitatea de zbor desfășurată în spațiul aerian al României cu aeronave este supusă unor reglementări ce au în vedere, în primul rînd, securitatea respectivelor aeronave precum și a persoanelor sau bunurilor de pe sol.

Intensificarea — pe măsură ce a trecut timpul de la apariția primelor aeronave — a circulației aeriene cu aparate de zbor a căror diversitate, viteză, spațiu de acțiune au crescut permanent, a determinat statele să stabilească reguli după care să se organizeze și să se desfășoare această activitate fără pericole inutile și cu randament maxim, atît pe plan intern cît și internațional.

Așa cum s-a mai arătat, reglementările de bază ale activtiății aeronautice în spațiul aerian al țării sînt cuprinse în „Codul aerian al României" și în „Regimul de zbor în spațiul aerian al României" aprobat pe bază de Decret.

La întocmirea acestor reglementări s-a avut în vedere : a) necesitatea apărării permanente a spațiului aerian al țării de către aviația militară ; b) necesitatea desfășurării activităților propuse în deplină securitate, atît pentru aeronavele în cauză cît și pentru persoanele și bunurile de la sol.Aceste activități pot fi : misiunile de luptă, operative, ale aviației militare ; zborurile comerciale, de transport călători și mărfuri, interne și internaționale, ale aviației civile aparținînd României sau altor țări și care survolează teritoriul României, cu sau fără aterizare ; zborurile aviației civile efectuate în beneficiul agriculturii, silviculturii industriei sau altor domenii de

activitate economică ale țării ; zborurile de formare și instruire ale personalului navigant al aviației militare și civile ; alte zboruri care pot avea la bază, pentru organizare și desfășurare, reguli speciale, ca cele de încercare și omologare ale aeronavelor, zboruri demonstrative (mitinguri de exemplu), competiții sportive etc.

În vederea prevenirii abordajelor (ciocnirii dintre aeronave), spațiul aerian al țării este organizat prin reglementările arătate mai sus, astfel : a) în căi aeriene, destinate și dotate special pentru zborul aeronavelor de transport călători și mărfuri ; b) în zone aeriene, destinate : activității de aerodrom (aeroport) privind decolarea și aterizarea aeronavelor ; activității aviației civile desfășurată în folosul agriculturii, silviculturii, pisciculturii etc. (aviația utilitară) ; activității de formare și instruire ale personalului navigant al aviației militare și civile (inclusiv sportive).

Pentru zborurile de luptă ale aviației militare este prevăzut întregul spațiu aerian al țării, în condiții speciale de organizare și desfășurare, menite să prevină abordajele cu aeronavele aviației civile. În caz de necesitate, potrivit acestor reguli, se pot interzice, pentru un timp și un spațiu determinate, activitățile aeronavelor civile — deci inclusiv ale celor sportive.

În spațiul aerian al țării se desfășoară deci, permanent și în mod susținut, de către aviația militară și civilă, o activitate de zbor organizată potrivit reglementărilor existente. Apariția oricărei aeronave în acest spațiu, fără ca activitatea ei să fie prevăzută și fără ca ea să se supună regulilor stabilite, înseamnă un pericol iminent pentru toate celelalte aeronave și implicit pentru ea însăși. (Pentru similitudine se poate lua cazul unui biciclist care ar apărea pe o autostradă, în spațiul rezervat autovehiculelor de mare viteză).

Experiența de pînă acum a dovedit că mulți amatori de deltaplanism consideră aparatul lor de zbor ca nefiind o aeronavă și spațiul aerian ca stîndu-le la dispoziție, fără pericol de ciocnire cu alte aparate de zbor sau cu obstacole. Pentru unii ca aceștia, precum și pentru toți cei care nu s-au documentat suficient asupra modului în care trebuie executată orice activtiate de zbor în spațiul aerian al României, în capitolul de față se arată, în mod succint, principalele noțiuni ce stau la baza asigurării depline a securității zborurilor și, implicit la atingerea scopurilor ce se urmăresc prin executarea acestora. Însușirea acestor noțiuni va duce, în mod logic, la înțelegerea necesității respectării regulilor stabilite pentru desfășurarea acțiunilor.

Așadar, înainte de a lua hotărîrea de a se avînta în spațiul aerian pentru a efectua o activitate de zbor, deltaplanistul trebuie să aibă în vedera că :

— aeronava sa *trebuie să fie omologată pentru zbor* de către autoritatea de stat pentru aeronautica civilă — care, potrivit Decretului nr. 84/1976, este Departamentul Aviației Civile — și cu certificatul de navigabilitate, eliberat de aceeași autoritate, în termen de valabilitate ;

— zborul trebuie executat *numai în cadrul organizat*, adică sub autoritatea unui aeroclub ori a unei secții aeronautice dintr-o asociație sau club sportiv. *Activitatea „pe cont propriu" nu este admisă ;*

— spațiul în care trebuie desfășurat zborul *este numai cel repartizat aeroclubului sau secției aeronautice respective* și el poate fi folosit numai potrivit reglementărilor special stabilite care prevăd operațiunile de planificare, pregătire, organizare, conducere și execuție a activităților ce asigură securitatea zborului.

6.2. Construirea deltaplanului

Înainte de a trece la construirea unui deltaplan, amatorul trebuie să consulte documentele emise de Departamentul Aviației Civile care prevăd condițiile tehnice pe care viitoarea aeronavă trebuie să le îndeplinească pentru a fi admisă la zbor. *Fără „autorizația de construcție" emisă de Departament* nu se poate trece la construcția aeronavei. Dacă aeronava este realizată industrial și achiziționată apoi de respectivul amator, ea trebuie să fie prezentată organelor Departamentului Aviației Civile în

scopul emiterii autorizației de deținere". *Fără această autorizație nu poate fi utilizată pentru zbor.*

Pentru a putea zbura cu aparatul construit și omologat deltaplanistul trebuie să se adreseze celui mai apropiat aeroclub teritorial, ori celei mai apropiate secții aeronautice dintr-o asociație sau club sportiv, spre a lua cunoștință de regulile de zbor generale și speciale precum și pentru a fi luat în evidență în scopul instruirii sale într-un cadru organizat.

DE REȚINUT : zborul cu deltaplanul în afara unui cadru aeronautic organizat (aeroclub ori secție aeronautică de club sau asociație sportivă) *nu este admis.*

6.3. Instruirea sportivilor

Pentru a fi admis la pregătirea în vederea executării activității practice de zbor cu deltaplanul, sportivul trebuie să îndeplinească condițiile strict necesare, adică : să fie absolvent a minim 8 clase (sau în clasa a 8-a, în curs de absolvire) ; dacă este minor, să posede consimțămîntul părinților ; să posede recomandarea instituției sau întreprinderii unde lucrează ; să posede un certificat medical cu mențiunea „apt pentru zbor" eliberat de policlinica teritorială de care aparține, cu valabilitate la zi. Această valabilitate nu poate depăși termenul de un an.

Odată admis la pregătire, sportivul trebuie să urmeze în cadrul aeroclubului ori secției aeronautice din cadrul asociației sau clubului sportiv la care s-a legitimat, un curs teoretic autorizat de Aeroclubul Central Român. *Numai după obsolvirea acestui curs, sportivul poate fi admis la activitatea practică de zbor.* Admiterea se face pe baza rezultatelor obținute la examinare, consemnate în document semnat de examinator.

Cursul teoretic și examinarea se execută de către un instructor de zbor (antrenor) atestat de către Aeroclubul Central Român. *Nici o altă persoană nu este autorizată să desfășoare* instruirea teoretică și cu atît mai puțin cea practică, a sportivilor zburători.

Instructorii (antrenorii) nu au dreptul să se abată în pregătirea ce o fac, de la metodologia teoretică și practică avizată de Aeroclubul Central Român.

6.4. Terenul de zbor

Terenurile deasupra cărora se execută activitate de zbor cu deltaplanul trebuie să îndeplinească condițiile de securitate cerute de instrucțiunile Departamentului Aviației Civile, iar exploatarea lor trebuie făcută potrivit regulilor stabilite de aeroclubul ori secția aeronautică din asociația sau clubul sportiv căruia le-au fost repartizate. Orice nou teren ales pentru zborul cu deltaplanul trebuie comunicat cu 10 zile înainte de exploatare, aeroclubului teritorial cel mai apropiat, pentru a fi autorizat.

Excepție de la regula de mai sus o pot face numai terenurile deasupra cărora se execută zboruri în vederea obținerii unor perfomanțe sau pentru demonstrații și care vor fi aprobate prin documentele de organizare a respectivelor zboruri. *Nici un zbor de performanță sau demonstrativ nu poate fi executat fără a avea la bază un document de organizare aprobat de Aeroclubul Central Român.* Aprobarea prevăzută mai sus presupune coordonarea absolut necesară a respectivelor zboruri cu ale celorlalte aeronave militare și civile ce survolează terenurile în cauză. Fără această coordonare, pericolul de abordaj devine iminent. Aprobarea mai presupune și coordonarea activității de zbor cu alte activități locale pentru a nu se stînjeni sau periclita reciproc.

Activitatea de zbor cu deltaplanul deasupra municipiilor, orașelor, comunelor sau altor așezări este interzisă.

Este interzisă de asemenea depășirea în zbor a limitelor laterale și pe verticală a zonelor atribuite terenurilor de zbor autorizate.

DE REȚINUT : Nici un zbor cu deltaplanul nu poate fi executat, indiferent dacă e vorba de un începător sau un zburător calificat — instructor chiar —, *decît deasupra terenurilor și în zona aeriană admisă pentru acel zbor*

de către autoritatea competentă, adică Aeroclubul Central Român.

6.5. Conducerea activității de zbor

Activitatea de zbor cu deltaplanul se execută *numai* în prezența unui instructor (antrenor) de zbor care are calitatea de conducător al zborului și a unui ajutor al acestuia, însărcinat cu organizarea transportului și cronometrajului.

Între conducătorul de zbor și ajutor trebuie să fie organizată legătura radio sau la vedere, pentru transmiterea de mesaje. Astfel de legătură, prin dispozitive acustice ori prin semne și semnale, trebuie asigurată și între conducătorul zborului și sportivii aflați în zbor, în vederea acordării ajutorului necesar pilotării corecte a aeronavelor. Conducătorul zborului trebuie să fie calificat și pentru acordarea de prim ajutor și să dispună de trusa sanitară necesară. El trebuie să dispună de asemenea de un mijloc de transport rapid în caz de accident.

6.6. Condiții meteorologice

Condițiile meteorologice în care pot fi executate zboruri cu deltaplanul nu trebuie să fie sub sau peste următoarele valori, după caz :

— vizibilitatea trebuie să fie egală cu cel puțin de două ori distanța dintre punctul de decolare și cel de aterizare și în nici un caz mai mică de 2 km ;

— tăria vîntului nu trebuie să depășească 15 m/s (inclusiv rafala).

DE REȚINUT : zborul cu deltaplanul în nori, ceață, pîclă, ploaie sau ninsoare care reduc vizibilitatea sub 2 km, vînturi puternice sau cu rafale ce ajung să depășească 15 m/s. *se interzice.*

6.7. Echipamentul individual

Sportivul care execută zbor cu deltaplanul trebuie să fie dotat cu un echipament care *să-i asigure, în primul rînd protecția,* și numai după aceasta aspectul estetic. Echipamentul minim obligatoriu este format din : cască rigidă (gen motociclist) adaptată pentru zbor ; mănuși de protecție ; îmbrăcăminte ajustată pe corp, care să nu împiedice mișcările ; încălțăminte adecvată.

Paraşuta de salvare face parte din echipamentul sportivilor în toate cazurile cînd se zboară la înălțimi de peste 150 m față de sol.

Harnașamentul (legăturile de siguranță) care leagă sportivul de deltaplan trebuie să fie ajustate pe trupul acestuia. Pe timpul activității de zbor, sportivul trebuie să poarte asupra sa buletinul de identitate avînd grupa sanguină înscrisă.

6.8. Îndatoriri și responsabilități

Zborul cu deltaplanul — deși organizat în cadrul aeroclubului, asociațiilor ori clubului sportive — este o activitate voluntară și, ca urmare, *sportivul* care o execută este primul care *răspunde de executarea pe deplin a tuturor regulilor și condițiilor stabilite pentru asigurarea securității sale, a celorlalți participanți la zbor, precum și a persoanelor și bunurilor de pe sol.*

Între aceste reguli și condiții se află, în primul plan, obținerea și menținerea unei stări corespunzătoare de sănătate fizică și psihică. *Nici un zburător conștient nu trebuie să se prezinte la zbor în cazul în care sănătatea sa nu este deplină.*

Tot între respectivele reguli se află și obligativitatea de a fi respectată tema de zbor aprobată. De multe ori se întîmplă ca unii sportivi, găsind pe parcursul zborului aprobat condiții prielnice executării unei performanțe (luării de înălțime și parcurgerii unei distanțe mari), să se avînte în a realiza respectiva performanță fără a mai

ține cont de consecințele ce se pot ivi în legătură cu zborul altor aeronave în primul rînd. Un astfel de zburător nu poate fi considerat un temerar, ci un inconștient condamnabil. Zborurile de performanță nu trebuie executate la întîmplare, ci în mod organizat, în timp și spațiu cu delimitări precise și cu asigurarea tuturor condițiilor de securitate, incluzîndu-se între acestea : nivelul de pregătire a zburătorului ; echipamentul acestuia ; tipul și performanțele aparatului de zbor ; situația meteorologică și prevederile asupra acesteia pentru timpul prevăzut de zbor ; existența locurilor de aterizare fără pericol ; coordonarea cu celelalte activități din zona aeriană respectivă ; asigurarea medico-sanitară în caz de accident.

6.9. Concluzii

Din lectura acestui copital se pot trage două concluzii : una eronată și una valabilă. Cea eronată este, desigur, a celor ce ar dori ca deltaplanismul să se desfășoare după bunul plac al fiecăruia. Acestora, capitolul le-a apărut ca o listă de măsuri restrictive, menite să le stăvilească elanul în obținerea unor mari performanțe sportive de prestigiu, sau pur și simplu în gustarea plăcerii de a pluti liber, ca păsările, în atmosfera ce le stă la dispoziție.

Concluzia cea adevărată însă, trebuie să fie alta. Toate măsurile ce par restrictive, doar de dragul de a stăvili elanul unor zburători curajoși, sînt reieșite din învățăturile ce s-au tras de pe urma unei serii — destul de mari din păcate — de incidente și accidente de zbor întîmplate în aeronautica mondială și ele sînt similar cuprinse în mai toate reglementările de zbor ale statelor. În nici o porțiune de spațiu aerian, azi, nici chiar în afara acestuia, nu se poate admite ca o activitate să se desfășoare „la întîmplare", periclitînd securitatea altei activități din cauza lipsei de coordonare. Aceasta pe de o parte. Pe de altă parte, nu se poate admite ca, datorită necunoașterii, lipsei de informare deci, un om să-și pericliteze inutil viața ce poate fi utilă tuturor.

DE REȚINUT : Nici un zbor cu deltaplanul nu trebuie să aibă aspectul unei activități improvizate sau a „unei aventuri".

Frumusețea zborului constă nu numai în plutirea liberă în atmosferă, ci și în modul inteligent în care omul, spre deosebire de păsări, reușește, prin gîndirea sa creatoare, să dea un conținut acțiunii sale, legat de o adevărată cunoaștere a legilor Naturii, în scopul progresului și nu numai al plăcerii sfidării pericolului.

Deltaplanismul s-a dezvoltat în ultimii ani spectaculos de rapid în mai toate țările lumii. N-ar fi o greșeală să se presupună că această dezvoltare s-a produs haotic, fără a avea la bază o organizare ? N-ar fi tot așa de greșit să se creadă că numai deltaplanismul s-a dezvoltat și nu și celelalte ramuri de activitate ale aeronauticii mondiale ? Și toate acestea într-un spațiu aerian care a devenit din ce în ce mai neîncăpător, dovadă că omenirea a început să utilizeze pentru nevoile sale și spațiul extraatmosferic. Cum s-ar putea desfășura deci o circulație aeriană necoordonată în amănunt ? Desigur, la întîmplare și cu consecințe din cele mai nefaste. Nimeni însă nu dorește asemenea consecințe și, ca urmare, respectarea regulilor de asigurare a securității zborurilor este absolut obligatorie. Cei ce simt că nu se pot adapta unei discipline ferme — absolut necesară în aeronautică — este bine să nu se gîndească la zbor ci la alte sporturi, mai puțin pretențioase din acest punct de vedere. Pe de altă parte trebuie spus că numai o activitate disciplinată, bine organizată, dă marile satisfacții pe care le așteaptă cel ce o desfășoară.

ANDRIEȘ C. LUCIAN
Nr 1051
Biblioteca Personală

BIBLIOGRAFIE

* * * Codul aerian al României.

* * * Regimul de zbor în spațiul aerian al României.

* * * Instrucțiuni ale Departamentului Aviației Civile privind organizarea, pregătirea, executarea, conducerea și asigurarea zborului cu aeronave ultrauşoare, 1988.

T. COSTĂCHESCU. *Tehnica zborului în aviație.* Editura Tehnică, București, 1979.

GH. CUCU. *Teoria și tehnica pilotării planoarelor.* Editura Sport-Turism, București 1981.

GH. POP. *Introducerea în meteorologie și climatologie.* Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1988.

A. POLICEC. *Metodica instruirii piloților de planoare ultrauşoare.* Federația Aeronautică Română, București, 1985.

DENIS PAGEN. *Hang Gliding For Advanced Pilots.* Printed in U.S.A., 1978.

P. JANSEN, K. TÄNZLER. *Drachenfliegen für Meister.* W. Hiene Verlag, München, 1983.

M. ORDODY. *Sárkányrepülés.* Müszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980.

B. BARTHA, I. SZAKÁCS. *Planorism și deltaplanism.* Editura *Sport-Turism, București, 1983.*

In lucrare sînt prezentate pe înțelesul tuturor principiile constructive deltaplanelor, explicîndu-se bazele fizice, aerodinamice ale zborului acestor aripi flexibile, precum și pilotajul lor.

Din cuprins : Introducere, scurt istoric, cadru legal de realizare și exploatare a deltaplanelor. Principiile zborului și pilotării ; Construcție, solicitări, deformații, materiale, tehnologii și încărcări ; Elemente de aerodinamică, explicarea zborului planat, caracteristici, stabilitate în zbor, tehnica pilotării ; Zborul plutit, condiții meteorologice și aerologice favorabile zborului de durată cu cîștig de înălțime ; Învățarea pilotării deltaplanelor, organizarea și metodologia instruirii pentru obținerea calificării de pilot deltaplanist.

Lucrarea se adresează celor cuceriți de frumusețea evoluției unui deltaplan în zbor, fiind un îndrumar pentru cei ce doresc să construiască deltaplane și să practice acest sport, avînd o largă adresabilitate.

EDITURA TEHNICĂ

I.S.B.N. 973-31-0257-1

lei 15